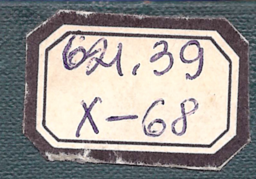
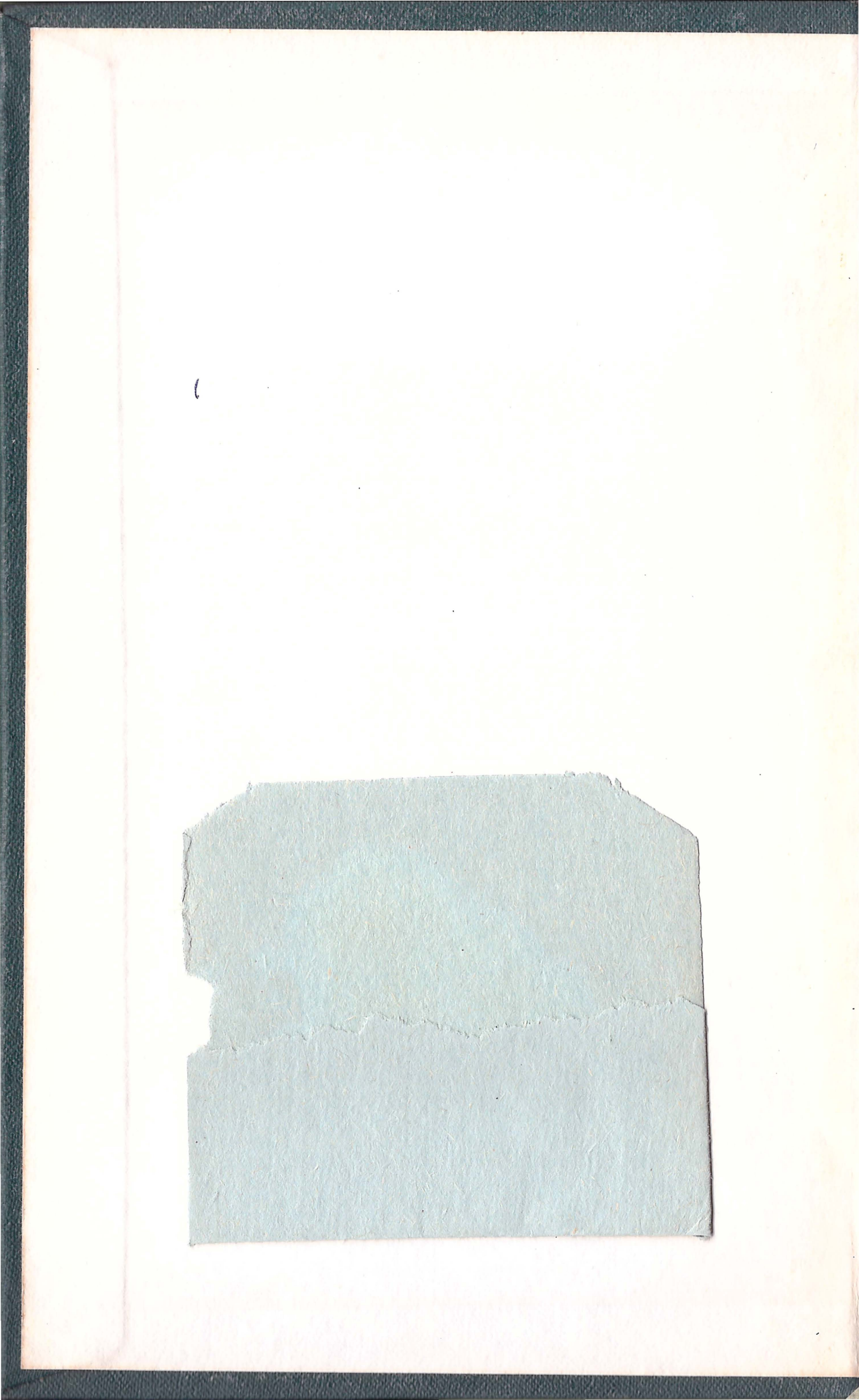


М. ХОББС

Современные системы коммутации в электросвязи

Современные системы коммутации



«СВЯЗЬ»

By Marvin Hobbs

Modern Communications Switching Systems

TAB BOOKS
Blue Ridge Summit, Pa. 17214

М. ХОББС

Современные системы коммутации в электросвязи

Перевод с английского Э. Б. Ершовой

Москва «Связь» 1978

32.881
Х68
УДК 621.3.06:621.39

Хоббс М.

Х68 Современные системы коммутации в электросвязи. М. Пер. с англ., «Связь», 1978. 328 с. с ил.

1 р. 50 к.

Рассматриваются основные принципы коммутации, используемые в системах связи. Приводится описание современных систем коммутации с управлением по записанной программе, а также систем с временным разделением каналов и тех систем, которые используются при коммутации данных.

Книга предназначена для инженеров и техников, работающих в области связи.

32.881

Х $\frac{30602-156}{045(01)-78}$ 47-78 2402040000 6Ф1.2

ИБ № 871

Предисловие к русскому изданию

Предлагаемая вниманию читателя книга известного специалиста в области автоматической коммутации Мэрвина Хоббса посвящена структурному анализу современных систем коммутации, используемых в электросвязи.

Непрерывно возрастающий интерес специалистов самого широкого профиля к вопросам автоматической коммутации, обусловленный постоянно растущей потребностью в обмене и распределении информации и вытекающей отсюда необходимостью знания законов и методов построения этих систем, привели к появлению и этой книги по коммутации.

Прослеживая путь развития автоматической коммутации, начало которому было положено более 80 лет назад, автор показывает, какими сложнейшими по структуре и функциям стали современные системы автоматической коммутации, особенно в связи с применением специализированных управляющих ЭВМ в качестве систем управления телефонными сетями.

Огромные возможности по применению систем коммутации открылись после введения в них цифровых процессоров с присущей им гибкостью программных средств и использованием быстродействующих запоминающих устройств, обладающих высокой плотностью хранения информации.

Электроника широко внедряется не только в системы управления, но и непосредственно в системы коммутации. Появились так называемые системы электронной цифровой коммутации, построенные на базе временно́го разделения каналов и импульсно-кодовой или дельта-модуляции. Разработки этих наиболее перспективных в настоящее время систем коммутации ведутся во многих странах мира, и интерес к ним непрерывно возрастает, особенно в связи с увеличением активности в передаче цифровой информации и данных.

Предназначая свою книгу для широкого круга читателей, автор стремится дать представление обо всех современных системах коммутации в электросвязи, которые применяются на телефонных сетях и сетях передачи данных за рубежом, начиная с машинных и кончая квазиэлектронными и электронными системами телефонной коммутации, а также электронными системами коммутации сообщений (гл. 6—8, 10—13).

Раскрывая логику развития систем автоматической коммутации, автор знакомит читателя с коммутационными приборами, применяемыми в современных системах коммутации (гл. 4): с искателями различных типов; координатными соединителями и всеми их модификациями — минибаром, минисвитчем, кодовым соединителем; язычковыми реле и их модификациями — герконовым реле, ферридами, корридами и др.; приборами электронной коммутации — управляемыми кремниевыми выпрямителями, электронными элементами в интегральном исполнении.

Основной упор в книге в значительной мере сделан на системное описание и анализ электронного управления в коммутации. Даже описывая существующие шаговые, машинные, координатные системы, автор постоянно анализирует их функции управления с точки зрения выявления некоторых общих закономерностей в построении управляющих устройств и выявлении возможностей их модернизации в плане введения электронного управления. По существу, три главы книги — 5,8 и 9 — посвящены проблемам организации обмена сигналами управления и взаимодействия и различным способам построения систем управления коммутацией. Все изложение подчинено системному подходу к устройствам автоматической электросвязи.

Книга методически хорошо продумана, информативна; это позволило автору изложить достаточно компактно большой фактический материал. Она содержит много полезных иллюстраций и цифровых данных, которые облегчают понимание и создают более точное представление о предмете. Учитывая, что в книге в систематизированном виде отражены развитие и современное состояние техники автоматической коммутации и управления за рубежом, можно считать, что она представит интерес и будет полезна для специалистов автоматической электросвязи и широкого круга научно-технических ра-

ботников, интересующихся вопросами обмена, распределения и передачи информации.

Помещенный в конце книги перечень терминов и определений позволит читателю познакомиться с терминологией, принятой в США для основных понятий, используемых в системах автоматической коммутации и управления. В случае расхождения терминов, используемых в нашей стране и в США, приведены соответствующие ссылки на ГОСТ СССР.

Книга снабжена приложением, в котором приведена символика и некоторый язык для формального описания основных функций системы управления и коммутации и обобщенного описания их структуры, предложенные американским специалистом Джоэлем.

Доктор технических наук,
профессор В. Н. Рогинский

Предисловие

Переход от ручной коммутации к автоматической начался почти восемьдесят лет назад. Однако произошло это не сразу после изобретения шагового искателя Строуджера. Прошли десятилетия, прежде чем был сделан практический переход к автоматической коммутации. За весь период развития связи, вплоть до момента появления систем коммутации с управлением на базе ЭВМ, вероятно трудно указать другое событие, равное этому по значению и влиянию на весь процесс автоматизации и структуру систем связи. Можно предполагать, что использование для управления коммутационными системами центральных цифровых процессоров с присущей им гибкостью программных средств будет равнозначно факту перехода систем коммутации от ручного способа обслуживания к автоматическому. Можно считать, что переход к управлению, основанному на применении быстродействующих цифровых запоминающих устройств с высокой плотностью хранения информации, используемых для запоминания легко изменяемых программ, знаменует собой начало новой эры в коммутации.

К сожалению, экономические факторы и требования растущего телефонного обмена делают невозможным наступление новой эры в коммутации столь быстро, как это могла бы позволить технология. Здесь вновь, очевидно, пройдут годы, прежде чем старое оборудование будет заменено новым. Тем не менее некоторые устройства, реализованные на электронных элементах, будут использованы в существующем оборудовании старых систем коммутации, а также определенный процент телефонных линий будет оборудован приборами, которые позволят обслуживать их новыми полностью электронными системами коммутации. По-видимому, большие города США в первую очередь будут обслуживаться с применением новой техники коммутации, и это будет иметь место главным образом потому, что новые систе-

мы наилучшим образом проявляют себя при обслуживании большого числа абонентов. В некоторых странах проводились разработки по внедрению станций новой системы в первую очередь в небольших районах. Проводя обзор состояния разработок в области новых систем коммутации, можно отметить, что бóльшая часть исследований в области электронной коммутации все еще находится в стадии разработки или опытных испытаний. Тем не менее большинство промышленно развитых стран уже имеет вполне конкретные планы по производству и внедрению в течение ближайших лет значительного числа электронных систем коммутации[1]. Первыми воспользовались преимуществами новой техники коммутации военные ведомства, поскольку при принятии решения о применении того или иного способа коммутации экономические факторы не играли столь важной роли.

Быстро растущая потребность в передаче цифровой информации и данных, а также выгода, извлекаемая из предварительного преобразования аналоговых сигналов в цифровую форму до момента передачи их по каналам связи, значительно повысили потребность в разработке систем цифровой коммутации. Так как методы временнóго деления и коммутации сообщений оказались вполне пригодными для передачи цифровой информации, то разработки в этом направлении еще более активизировались. Цифровая коммутация оказалась хорошо совместимой с цифровыми системами передачи, и эффект, получаемый при этом, в будущем будет проявляться все в большей степени. Тем не менее существующие аналоговые телефонные системы пока еще нельзя по экономическим соображениям заменить цифровыми и, следовательно, нельзя будет ожидать их проникновения во все звенья иерархии сети связи, по крайней мере, в обозримом будущем.

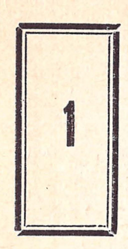
Современные системы коммутации в электросвязи должны были бы логически включать в себя только те системы, которые строятся на базе

[1] Следует иметь в виду, что в США под электронными станциями понимаются все те телефонные станции, в которых система управления реализована на электронных элементах и построена на базе ЭВМ. В нашей литературе принято разделение станций с электронным управлением в зависимости от типа приборов коммутации, используемых в коммутационной системе станции: механоэлектронные, квазиэлектронные и полностью электронные. *(Примеч. перевод.)*

новой технологии и используют цифровую коммутацию и управление на базе ЭВМ. Однако, учитывая реальность ситуации, к этим системам следует отнести и координатные, и декадно-шаговые, особенно в связи с тем, что эти системы после соответствующей их модернизации на базе электронного управления, вероятно, будут служить для организации связи в течение определенного времени и в будущем.

Эта книга рассматривает основные принципы коммутации, используемые в системах связи, начиная с декадно-шаговых и машинных систем и кончая самыми современными системами коммутации с управлением по записанной программе, а также системами с временны́м разделением каналов и системами, которые используются при коммутации данных. Она предназначена, главным образом, для использования в технических учебных заведениях и колледжах, где читаются курсы электросвязи или смежные технические дисциплины, а также для использования инженерами и техническими работниками, заинтересованными в изучении этой области коммутации.

За активную поддержку и финансовую помощь я хочу поблагодарить Американскую телефонную и телеграфную компанию, Телефонные лаборатории Белла, Лаборатории автоматики и электроники (GTE), Институт инженеров-электриков и инженеров в области электроники, Институт инженеров-электриков (Лондон), Международную телефонную и телеграфную корпорацию, фирму «Л. М. Эрикссон», Японскую корпорацию телефонной и телеграфной связи общего пользования, фирму «Филко—Форд», Компанию «Плесси», Журнал инженеров-электриков Британского почтового ведомства, фирму «Сименс А. Г.», Корпорацию «Стромберг—Карлсон», Эссекский университет, Компанию «Верстерн Электрик».



Развитие систем коммутации

В течение десяти лет — с 1964 г. по 1974 г. — число телефонных аппаратов в мире удвоилось, число стран, в которых количество телефонных аппаратов превысило один миллион, возросло до 30. В течение этого же периода число стран, в которых состоялось свыше 200 разговоров в год на одного человека, значительно возросло. По каналам связи США можно установить связь с 300 миллионами абонентов, что составляет 98% общего числа абонентов в мире. Уже в 1972 г. каждый из 90 главных городов мира имел более чем один миллион телефонов. Ниже перечислены пятнадцать стран, занимающих ведущее место по развитию телефонной связи, с указанием числа телефонов в них.

США	125 142 000
Япония	29 827 936
Англия	16 143 102
ФРГ	15 834 827
СССР	11 980 000
Италия	10 321 581
Канада	10 290 305
Франция	9 546 173
Испания	5 129 501
Швеция	4 679 691
Австралия	4 151 622
Нидерланды	3 720 817
Швейцария	3 213 065
ГДР	2 165 235
Бельгия	2 161 744

Кроме того, ниже указаны 19 городов, число телефонов в которых превосходит 1 000 000.

Нью-Йорк	5 825 460
Лос-Анджелес	4 942 510
Токио	4 130 546
Лондон	3 782 828
Чикаго	2 358 668
Париж	1 860 875
Москва	1 625 000
Филадельфия	1 545 192

Осака	1 450 641
Детройт	1 384 820
Миннеаполис — Сент Пол	1 306 300
Рим	1 168 672
Буэнос-Айрес	1 115 304
Мадрид	1 106 676
Балтимор	1 104 806
Сидней	1 101 168
Монреаль	1 030 481
Хьюстон	1 009 193
Милан	1 006 796

Кроме передачи речи, телефонные системы вынуждены все в большей степени передавать и принимать данные от ЭВМ, факсимильного оборудования, видеоприборов и других источников данных.

КОММУТАЦИЯ В ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Поскольку сравнительно малое число абонентов можно обеспечить телефонной связью, не производя коммутацию множества абонентских линий со значительно меньшим количеством соединительных линий, ведущих к различным телефонным станциям, то потребности в телефонной связи привели не только к увеличению объема оборудования коммутации, но и к новым требованиям по обеспечению более высокой надежности системы, большей скорости установления соединения, а также к новым видам услуг, предоставляемых абонентам.

Значение коммутации в электросвязи можно оценить по соотношению стоимости элементов системы коммутации и стоимости других элементов системы. При таком подходе на долю коммутационного оборудования приходится почти половина стоимости одного среднего местного телефонного соединения и более чем половина стоимости одного междугородного соединения.

Однако при существующем многообразии систем коммутации, среди которых преобладают электромеханические, почти четверть стоимости одного среднего местного соединения приходится на коммутационное оборудование и приблизительно 1/5 на эксплуатационные расходы. Однако огромные капитальные затраты, произведенные при строительстве электромеханических станций, задерживают замену их новыми системами в течение многих лет, особенно в мировом масштабе.

Телефонная коммутация — это средство, с помощью которого устанавливается и поддерживается в рабочем состоянии канал связи, по которому может передаваться информация в аналоговой или цифровой форме между двумя или большим числом абонентов.

Только в случае использования частных линий (прямых каналов) коммутация может не потребоваться. Любая современная система коммутации в электросвязи состоит из большого и сложного оборудования и различных компонентов, взаимосвязанных в единую систему, действующую в соответствии с некоторыми хорошо определенными принципами. Типовая электромеханическая система коммутации включает несколько главных блоков управления, каждый из которых содержит до 1500 реле. Такие устройства способны обеспечить выбор определенных соединительных путей и установить желаемое соединение менее чем за 1 с. При осуществлении этой операции работают 700 реле и замыкаются и размыкаются 10 000 контактов. Например, при обслуживании телефонного вызова на установление соединения из Энн Арбор, штат Мичиган, в деловую часть города Детройта через электромеханическую станцию потребовалось замкнуть 37 000 электрических контактов. Чтобы в США установить связь между любыми двумя АТС компании «Белл Систем», требуется произвести до $2{,}5 \cdot 10^{15}$ соединений. Введение электронных станций приведет к значительному уменьшению числа операций с релейными контактами, особенно в управляющей части системы. Однако на телефонной станции № 1 ESS все же еще требуется по 15 точек коммутации на каждого абонента АТС. Даже если принять, что бóльшая часть абонентов будет обеспечена возможностью пользоваться электронным коммутационным оборудованием, то можно видеть, что число требуемых соединений, которые придется осуществить при обслуживании многих вызовов, все еще останется значительным.

Коммутационное оборудование, используемое в телефонных системах сегодняшнего дня, строится либо на принципах электромеханических систем (многократных координатных соединителях — МКС, шаговых и декадно-шаговых искателях, машинных искателях), либо на принципах электронных систем (с применением в разговорном тракте либо электромеханических, либо твердотельных бесконтактных элементов и использованием некоторых видов общего электронного управления). Для

разработки большинства этих систем потребовались годы в силу исключительно высоких требований по надежности работы систем. Даже незначительное по величине время простоя сети действующие телефонные компании считают недопустимым. Возможно уже сегодня существовал бы значительно больший процент АТС с электронным программным управлением, если бы в конце пятидесятых годов потребности в телефонной связи не привели бы к необходимости введения большого числа координатных АТС (АТСК), хотя уже ожидалось полное завершение разработки программно-управляемых электронных АТС. К тому же, в настоящее время АТС с электронным управлением по записанной программе оказываются экономически выгодными только в качестве больших центральных станций или же в качестве больших учрежденческих АТС (УАТС). По этой причине компания «Вестерн Электрик» даже через 20 лет после изобретения транзистора ежегодно производила АТСК в таком количестве, как никогда этого не делала ранее. Япония (главный поставщик телефонных станций на международном рынке) в течение последнего десятилетия экспортировала АТС, построенные либо на многократных соединителях (МКС), либо на шаговых искателях. Еще более удивительно, что в 1969 и 1970 гг. компания «Вестерн Электрик» производила оборудование шаговых станций в большем количестве, чем когда-либо прежде, и, чтобы справиться с кризисом телефонной связи в Нью-Йорк Сити, вводила в действие в самом большом по телефонной активности городе мира старое оборудование панельных систем.

КОММУТАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ, НАХОДЯЩИЕСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ

В табл. 1.1 представлены различные виды систем коммутации, находящиеся в эксплуатации в США, Японии и Англии. Заметим, что в этих странах, занимающих ведущее место по развитию телефонной связи, шаговые и координатные АТС все еще обслуживают бóльшую часть абонентских линий. Может показаться удивительным, но при непрерывном росте обширной исследовательской работы по созданию электронных систем коммутации с управлением по записанной программе, проводимой во всех ведущих странах мира, большинство телефонных линий в мире все еще коммутируется с

Таблица 1.1

Основные АТС, находящиеся в эксплуатации в настоящее время

Телефонные станции		Число абонентов, млн., в США на январь 1972 г.	Телефонные станции	Число абонентов, млн., в Японии на октябрь 1971 г.	Телефонные станции	Число станций в Англии
Фирма «Белл Систем»	Панельные системы	4,5	Ручные (2714)	0,64	Ручные	66
	«Кроссбар № 1»	6	Шаговые (4317)	7,57	Кроссбар	122
	«Кроссбар № 5»	17,5	Кроссбар C1 (862)	0,32	Электронные	227
	Шаговые	15,5	Кроссбар C2 (645)	0,45	Шаговые (Строуджер)	6172
	Шаговые CDO	4	Кроссбар C3 (179)	0,25		
	№ 1 и № 2 ESS	3,5	Кроссбар C45 (434)	2,66	Общее число местных линий	10 000 000
	Итого	51	Кроссбар C460 (909)	1,08		
			Кроссбар C400 (800)	4,81		
			ESS D10 (1)	0,0002		
Независимые телефонные компании	Шаговые	0,9	Всего	17,78		
	Кроссбар	0,8				
	Итого	9,8				
Всего		60,8				

помощью шаговых, машинных и координатных АТС. Даже в США, где по существу самое большое в мире число линий обслуживается в настоящее время с помощью вполне завершенных систем коммутации с электронным управлением, тем не менее число линий, обслуживаемых с применением электронной техники, оказывается одного порядка с числом линий, обслуживаемых панельными системами[1]. Экономические факторы, обусловленные произведенными капитальными затратами на уже существующие системы, а также стоимость новых систем коммутации, несомненно, требуют сохранения старых систем коммутации.

ЭЛЕКТРОННАЯ КОММУТАЦИЯ В США

Начиная с 1965 г. после введения в действие первой квазиэлектронной станции № 1 ESS в городе Сакейхана, штат Нью-Джерси, компания «Белл Систем» установила в крупных городах значительное число АТС с записанной программой (АТС с ЗП). Хотя среди вводимых в сеть станций преобладали станции № 1 ESS, однако компания вводила управление по записанной программе и в ряд станций других систем. К ним относились УАТС типа № 101 ESS, станция № 2 ESS для АТС средней емкости, система TSPS № 1, предназначенная для помощи операторам при эксплуатации станций, система ADF (модификация системы № 1 ESS), оборудованная устройствами передачи данных, AIS (система с управлением по записанной программе, автоматическая система подслушивания), ETS (система с электронным транслятором, предназначенная для использования совместно с междугородными координатными АТС).

К концу 1972 г. в эксплуатации находились 320 центральных станций № 1 ESS, которые могли коммутировать около $5 \cdot 10^6$ местных абонентских линий. Кроме этих АТС с двухпроводной коммутацией, на военной сети «Autovon» в эксплуатации находилось около 50 станций № 1 ESS с четырехпроводной коммутацией каналов. К сентябрю 1972 г. было введено в эксплуатацию много других систем с записанной программой. Ниже приве-

---

[1] Панельная система АТС, получившая свое название вследствие того, что контактное поле искателей АТС имело вид панели, являлась одной из основных систем АТС в США до введения в эксплуатацию на телефонных сетях координатных АТС. *(Примеч. перевод.)*

дены телефонные системы, находящиеся в эксплуатации в США в настоящее время.

Компания «Белл Систем» разработала свой процессор 1А—высокоскоростную систему управления на базе ЭВМ на интегральных схемах, — который предназначается для увеличения емкости местной, транзитной и междугородной электронных станций. Кроме того, этот процессор используется в новой системе междугородной коммутации с временны́м делением каналов (№ 4 ESS), которая через несколько лет будет полностью введена в эксплуатацию.

Хотя к началу 1973 г. в США процент местных абонентских линий, коммутируемых АТС типа ESS с записанной программой, был менее 10, тем не менее было положено начало введению АТС с управлением по записанной программе.

ЭЛЕКТРОННАЯ КОММУТАЦИЯ ЗА ПРЕДЕЛАМИ США

Англия является единственной иностранной державой, которая ввела в действие значительное число квазиэлектронных АТС. Но ни одна из этих систем не предполагает использования управления с записанной программой, гибкость которого достигается за счет легкости изменения программного обеспечения. Фактически английская АТС ТХЕ-2 — единственный тип такой системы, находящейся в эксплуатации, классифицируется как программно-управляемая АТС, поскольку ее рабочие программы могут изменяться путем «перешивки» проводов, пронизывающих ферритовые сердечники. К 1973 г. было введено в эксплуатацию примерно 300 станций такого типа, первоначально спроектированных для обслуживания от 200 до 2000 абонентских линий. В существующем теперь варианте этого проекта емкость этих станций расширена до 4000 абонентских линий.

№ 101 ESS (УАТС и станции централизованных услуг — Centrex)	~ 250
ETS — система с электронным транслятором[1]	63
TSPS № 1	56
№ 2 ESS	6
AIS — система автоматического сопровождения вызова	2

[1] Назначение и функции электронного транслятора будут описаны в гл. 8. (*Примеч. перевод.*)

Предполагается, что еще в течение ряда лет такие станции будут вводиться в эксплуатацию.

США и Англия являются единственными странами, где в настоящее время квазиэлектронные станции коммутируют значительное число местных линий. За исключением бельгийской системы Метаконта фирмы ITT, в остальной части мира имеются лишь экспериментальные АТС, обслуживающие менее 10 000 линий каждая. Интенсивные исследовательские работы по созданию АТС с записанной программой проводились в Японии, Швеции, Голландии, Франции и Швейцарии [1]. В последних двух странах были исследованы системы с временны́м делением каналов, которые рассматривались в качестве возможного подхода к построению сложных комбинированных систем коммутации сообщений, предназначенных для коммутации каналов, по которым передаются данные, речевая, видео- и факсимильная информация. Практически каждая страна, занимающаяся разработками в области электронной коммутации[2], предполагает ее широкое использование в следующем десятилетии. Эти планы получили дальнейшее развитие в силу растущей потребности в цифровых системах коммутации для обработки видеосигналов и данных, передаваемых с высокой скоростью, а также речевых и низкоскоростных сообщений.

Несмотря на интерес к электронной коммутации за пределами США, все еще остается неясным, в какой же форме следует окончательно проектировать электронные станции с тем, чтобы обеспечить все те новые виды обслуживания, которые могли бы предложить действующие телефонные администрации. Бо́льшую часть услуг можно было бы обеспечить уже с помощью электромеханических координатных АТС, однако это связано с усложнением оборудования и дополнительными расходами.

Электронные системы предоставляют эти услуги с большей экономией, однако проекты систем ESS, предложенные компанией «Белл Систем», оказались слишком дорогими для широкого их использования в других странах мира. Фактически экономические факторы показали,

---

[1] В СССР исследовательские разработки электронных систем коммутации проводятся начиная с 50-х гг. *(Примеч. перевод.)*

[2] Имеются в виду разработки полностью электронных систем АТС с электронной системой коммутации и электронным управлением. *(Примеч. перевод.)*

является ли управление по записанной программе с присущей ему гибкостью программных средств решением данного вопроса. Некоторые проектировщики отдают предпочтение системе с замонтированной логикой, несмотря на плохую сопрягаемость с процессором с записанной программой.

ОБСЛУЖИВАНИЕ АБОНЕНТОВ

Основное назначение систем телефонной коммутации — предоставить возможность любому абоненту телефонной сети в мире позвонить любому другому абоненту без помощи оператора-телефониста.

Впервые в мире международная автоматическая прямая связь была осуществлена в сентябре 1955 г. между Германией и Швейцарией. Несмотря на то что этот новый вид обслуживания не был реализован при организации телефонной связи между многими странами, публике было продемонстрировано много новых услуг, помимо основной — установления соединения между абонентами.

Начиная с централизованного расширения услуг на частных телефонных станциях (УАТС) в начале 60-х гг., деловым абонентам были предоставлены дополнительные услуги, которыми можно было воспользоваться через отдел услуги системы «Centrex» компании «Белл Систем». Такие УАТС предусматривали прямой входящий набор номера для вызовов, направляемых к ним, и исходящих междугородных вызовов, что позволило организовать их учет; причем обслуживание вызовов осуществлялось либо автоматически, либо с помощью оператора. Последняя возможность относится к идентификации (опознаванию) исходящего междугородного набора. Обеспечивая эти услуги, системы «Centrex» давали абонентам значительное преимущество по скорости обслуживания входящих вызовов и «доведения» их до станции, указанной в номере, без помощи оператора. Рабочая нагрузка оператора была снижена, а следовательно, потребовалось меньшее их число; кроме того, для каждого исходящего вызова производилась запись в счете, что могло оказаться полезным для делового абонента при анализе телефонных расходов различных отделов его конторы.

В последнее десятилетие в системах «Centrex» использовалось коммутационное оборудование на много-

кратных координатных соединителях — МКС. Например, в США система «Кроссбар № 5» с точки зрения коммутационных возможностей может обслуживать до 100 частных УАТС. При этом координатное оборудование этой системы модифицируется таким образом, чтобы иметь возможность формировать и затем распознавать 100 маркировок так называемого «класса обслуживания» и 20 видов скоростной обработки. Маркировка класса обслуживания определяет УАТС, а вид обработки по скорости идентифицирует ограничение в наборе номера для каждой станции в предположении, что каждое изменение требует раздельной обработки по скорости.

Подробности, связанные с устройством системы в том виде, как она используется в США и других странах, будут изложены в последней главе.

Введение тастатурного набора в телефонных аппаратах облегчило реализацию и расширение таких абонентских услуг, как переменный сокращенный набор номера, постановка вызова на ожидание, услуги по обеспечению речевой и видеоинформации о плате за разговор, конференц-связь, блокировка, временная переадресация вызова, справки по телефону, расчеты по телефону, а также прямой международный набор и различные другие услуги, предоставляемые системой «Centrex». Однако увеличение ассортимента услуг неизбежно привело бы к усложнениям монтажа схем оборудования, а также к чрезмерному увеличению физических размеров всей системы.

Введение в систему управления АТС электроники и запоминающих устройств представляется наилучшим средством для обеспечения новых услуг абонентам. Особенно гибко это можно осуществлять при использовании управления по записанной программе. В этом случае изменение ассортимента услуг сводилось бы к простому изменению программных средств. Даже если окажется, что управление по записанной программе невозможно ввести вследствие ограниченного размера станции, то и в этом случае целесообразно использовать электронные компоненты для реализации функций пересчета и хранения информации. Кроме более экономичного обеспечения новых видов обслуживания абонентов, электронное управление позволяет осуществить централизованное обслуживание станции путем замены неисправных блоков без непосредственного ремонта оборудования.

Кроме того, вследствие использования интегральных микросхем и других миниатюрных или почти миниатюрных элементов для размещения оборудования системы коммутации с электронным управлением требуется втрое меньшая площадь по сравнению с обычными электромеханическими станциями типа Кроссбар. Наличие в системах коммутации с электронным управлением многих черт, свойственных ЭВМ, дает возможность осуществлять на них и коммутацию сообщений с предварительным накоплением информации так, как это имеет место при обработке данных.

Таким образом, электронные системы коммутации могут служить и в качестве центров коммутации сообщений, где осуществляются концентрация и распределение данных, поступающих с различными скоростями, т. е. эти системы могут концентрировать нагрузку, поступающую от оконечных устройств с низкой скоростью, и передавать ее в центр обработки данных с высокой скоростью. Этот процесс будет обратным процессу обработки данных при их распределении. Существует ряд причин, в силу которых использование электронной коммутации в системах электросвязи имеет тенденцию постоянного роста, а процент абонентских линий, которые будут коммутироваться с помощью такого оборудования в будущем, будет становиться все более значительным.

ВЗАИМОСВЯЗЬ АБОНЕНТОВ И ТЕЛЕФОННЫХ СТАНЦИЙ

В пределах городского района или района предприятий система телефонной связи характеризуется сочетанием различных абонентских установок (индивидуальных телефонных аппаратов абонентов), частных учрежденческих телефонных станций (УТС или УАТС), оконечных (центральных) телефонных станций, транзитных станций и междугородного центра, с помощью которого осуществляется трансляция вызовов к абонентам и от них за пределы данной территории города. Эти абонентские установки, телефонные станции и УАТС соединяются так, как показано на рис. 1.1.

Многие абонентские аппараты включены в центральные телефонные станции. При передаче речи в телефонном аппарате осуществляется модуляция постоянного тока (обычно подаваемого в аппарат абонента с центральной телефонной станции или с УАТС) в соответствии с акустическим сигналом речевого сообщения. При

приеме в телефонном аппарате производятся демодуляция принимаемого электрического сигнала и преобразование его в акустический сигнал. В телефонных аппаратах генерируются также сигналы контроля состояния абонентской линии (при снятии абонентом микротелефонной трубки и при отбое со стороны абонента) и сиг-

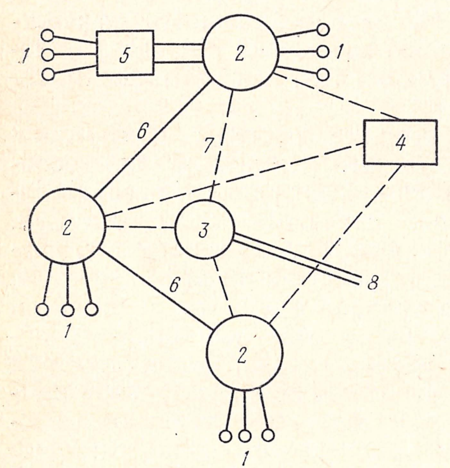


Рис. 1.1. Схема взаимосвязи абонентских линий и центров коммутации:

1 — абонентские линии (шлейфы); *2* — местная центральная телефонная станция; *3* — междугородная телефонная станция (МТС); *4* — транзитная телефонная станция; *5* — УТС; *6* — межстанционные соединительные линии; *7* — соединительные линии к (от) МТС; *8* — магистральные линии междугородной связи

налы управления (в виде импульсов набора номера или многочастотных сигналов). В настоящее время в пользовании абонентов имеется множество абонентских аппаратов — от простейшего с номеронабирателем до аппаратов с тастатурой. Модуляторы и демодуляторы (модемы), необходимые для передачи данных, также представляют собой абонентские установки. Абонентская линия до центральной станции образует двухпроводную цепь для передачи сигналов сообщения, сигналов посылки вызова, контроля и управления. Эту цепь обычно называют абонентским шлейфом. Очевидно, бо́льшая часть соединений будет устанавливаться между абонентами, подключенными к одной станции или же к одной УТС. Поэтому коммутация так называемых «внестанционных» вызовов обычно выполняется в первую очередь, и в любой сети подобного вида они относятся к вызовам первой категории.

По мере того как абонентские вызовы проходят за пределы обслуживания местной центральной станции, возникает необходимость в передаче их на другую центральную телефонную станцию. Соединения между стан-

циями осуществляются с помощью линий, которые называются соединительными. Таким образом, различие между соединительной и абонентской линиями состоит в том, что последняя постоянно связана с определенным абонентом и соответственно абонентским аппаратом, в то время как соединительная линия является межстанционной линией связи общего пользования. Как видно из рис. 1.1, центральные станции связаны между собой линиями, которые называются межстанционными соединительными линиями. Кроме того, центральные станции связаны с транзитной станцией[1], назначение которой состоит в том, чтобы упростить организацию связей между этими станциями. Коммутационная система служит только для коммутирования соединительных линий между станциями и непосредственно не соединена с какой-либо индивидуальной абонентской линией.

Транзитная станция позволяет получить экономию в соединительных линиях путем объединения малых нагрузок внешней связи, возникающих на различных центральных станциях, и направления этой объединенной нагрузки по общему пучку соединительных линий к требуемому пункту назначения, исключая малоиспользуемые пучки соединительных линий, связывающих непосредственно между собой центральные станции. Наличие транзитной станции позволяет осуществить централизацию некоторого оборудования и операций так, что каждая центральная станция освобождается от необходимости иметь такое оборудование, которое может быть использовано сообща. Соединительные линии, связывающие центральные станции с транзитными, называются транзитными.

Вызовы к абонентам, находящимся в пределах города, обслуживаются центральными и транзитной станциями, однако, как только абонент пытается установить соединение за пределы своей городской зоны, вступает в действие междугородная станция. Вплоть до момента передачи сигналов на междугородную телефонную станцию сигналы контроля состояния абонентского шлейфа и сигналы сообщения могут обрабатываться с использованием двухпроводных линий, в которых одна и та же пара проводов используется для обоих направлений пе-

---

[1] По принятой в нашей литературе терминологии транзитная станция соответствует коммутационному узлу сети связи. (*Примеч. перевод.*).

редачи. Однако на междугородной станции двухпроводные соединительные линии подключаются к четырехпроводным соединительным линиям через четырехпроводные оконечные устройства, которые выделяют два направления передачи так, что передача по соединительным

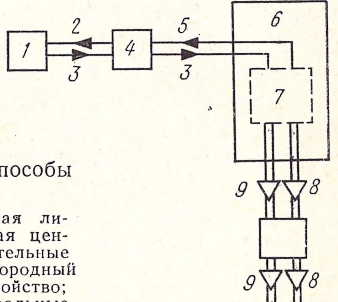


Рис. 1.2. Двух-и четырехпроводные способы передачи:

1 — абонентская установка; *2* — абонентская линия; *3* — двухпроводный тракт; *4* — местная центральная телефонная станция; *5* — соединительные линии междугородной связи; *6* — междугородный центр коммутации; *7* — переходное устройство; *8* — четырехпроводный тракт; *9* — магистральные линии междугородной связи

линиям для междугородной связи может выполняться на четырехпроводной основе. Способы передачи с использованием двух и четырех проводов показаны на рис. 1.2.

СИСТЕМА МЕЖДУГОРОДНОЙ СВЯЗИ

Междугородная сеть США в соответствии с разработанным фирмой «Белл Систем» планом строится на базе коммутационных центров пяти классов (рис. 1.3). Первый с точки зрения абонента класс — это центральная телефонная станция, которая на общей сети именуется как станция класса 5. Следующим этапом на пути установления междугородного соединения является оконечная междугородная станция, которая маркируется как станция класса 4. Три последующих коммутационных центра — это узлы соответственно 3, 2 и 1-го классов. Узел 3-го класса называется центром первичной коммутации, узел 2-го класса — центром сектора, а узел 1-го класса — региональным центром.

Рис. 1.3. Классификация станций и центров коммутации:

1 — центральная телефонная станция; *2* — оконечная междугородная станция; *3* — центр первичной коммутации; *4* — центр сектора; *5* — региональный центр

Бо́льшая часть междугородных соединений будет устанавливаться между центральными станциями, связанными с одним и тем же региональным центром. В других случаях эти соединения не проходят через региональный центр, а в ряде случаев даже и через секторальные или первичные центры. Однако при установлении прямого междугородного соединения в пределах национальной сети все центры связываются между собой так, как показано на рис. 1.4.

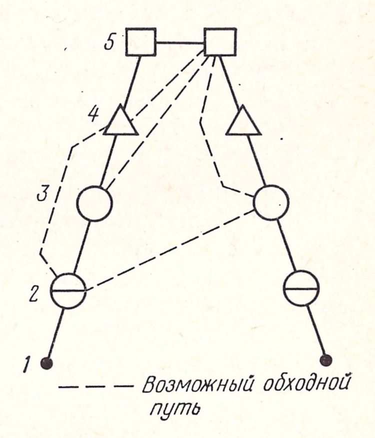
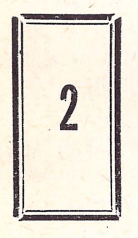


Рис. 1.4. Использование коммутационных центров всех классов при установлении соединения между региональными центрами:

1 — оконечная станция (центральная телефонная станция); *2* — оконечная междугородная станция; *3* — центр первичной коммутации; *4* — центр сектора; *5* — региональный центр

Там, где ожидается большая нагрузка, могут быть предприняты попытки к установлению равноценных прямых соединений между телефонными станциями; однако если при этом возникает избыточная нагрузка, то целесообразно вводить обходные пути.



2 Принципы коммутации и основные понятия о нагрузке

При построении современных систем коммутации обычно используют два основных метода: коммутацию каналов, при которой соединения между абонентами уста-

навливаются в реальном масштабе времени, и коммутацию сообщений, при которой сообщения, предназначенные другому абоненту, предварительно запоминаются, а затем уже передаются ему с некоторой задержкой во времени.

Исторически системы телефонной связи строились на базе коммутации каналов, в то время как передача информации с телетайпов и системы Телекс производилась по телеграфным каналам с применением коммутации сообщений. В настоящее время коммутацию каналов продолжают использовать в системах телефонной связи, причем она конкурирует с коммутацией сообщений, используемой в системах передачи данных.

Коммутационные системы обычных телефонных станций осуществляют коммутацию каналов, разделенных в пространстве; однако все более важную роль начинают играть системы коммутации с временны́м разделением каналов, которые находят применение на транзитных АТС, на частных УТС и в системах передачи данных.

Практически все основные идеи коммутации на телефонных станциях принципиально проявили себя как идеи коммутации каналов, что нашло отражение в конструкции таких электромеханических приборов, как реле, машинные искатели, шаговые искатели и многократные координатные соединители (МКС).

В этой главе будут даны основные понятия из области коммутации и будет показано, как вопросы коммутации связаны с телефонным обменом и нагрузкой. Временна́я коммутация, которая также относится к коммутации каналов, включает так много новых принципов и методов, что этому вопросу будет посвящена отдельная глава. Поскольку методы коммутации сообщений предполагают широкое использование ЭВМ в управлении и связаны, главным образом, с передачей цифровой информации, то эти вопросы также будут рассмотрены отдельно.

Принцип коммутации каналов для передачи речи и данных на квазиэлектронных станциях весьма незначительно отличается от принципа коммутации на электромеханических станциях. Заметная разница существует лишь в области общего управления процессом коммутации. При проектировании всех типов станций приходится сталкиваться с проблемами, связанными с телефонным обменом.

ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АТС

Центральные телефонные станции содержат, главным образом, оборудование коммутации для местных линий, соединенных непосредственно с аппаратами абонентов. Емкость таких станций может колебаться от 100 линий и меньше в небольших районах сельской местности до 10 000 линий и более в городских районах. Однако существует верхний предел числа линий, которые можно включать в одну центральную станцию; при превышении этого предела необходимо строить новые телефонные станции.

При условии, что задано число абонентов, выбирается определенный тип коммутационной системы, а затем производится детальное уточнение проекта так, чтобы удовлетворить заданным требованиям. Проектирование центральной станции заключается в выборе и определении объема соответствующего коммутационного оборудования, а также в определении числа соединительных линий и другой аппаратуры. Чтобы спроектировать центральную станцию, необходимо знать частоту и длительность телефонных разговоров абонентов, суточные и сезонные колебания нагрузки, обусловленной обменом, а также предполагаемые будущие изменения в числе абонентов.

Разумно спроектированная станция должна обеспечивать соединения только для максимально ожидаемого числа одновременных разговоров абонентов, которое практически всегда много меньше общего числа абонентов. Все существующие системы коммутации в электросвязи независимо от их емкости основаны на принципе коллективного использования группой абонентов соединительных путей системы. При проектировании этих систем необходимо тесно увязывать вопросы организации телефонного обмена с возможностями коммутационных приборов и основными средствами управления ими.

ТЕЛЕФОННАЯ НАГРУЗКА

Чтобы сравнивать и оценивать коммутационные системы, необходимо использовать некоторые наиболее важные понятия из области телефонного обмена. Число соединений, которое должна обеспечить центральная станция, можно было бы сделать равным половине числа абонентов, если предположить, что любой из них по-

желает вести разговор одновременно с другими. Такая ситуация представляется маловероятной. Обычно лишь небольшой процент абонентов использует телефонный аппарат в какой-то данный момент времени. Следовательно, коммутационная система должна обеспечивать соединения одновременно только для этого числа абонентов. Для типового случая можно было бы предположить, что не более десяти процентов абонентов одновременно вызовут станцию, поэтому систему можно было бы спроектировать так, чтобы обслуживать нагрузку, создаваемую именно этим обменом. Конечно, если больший процент абонентов затем попытается одновременно использовать эту станцию, то для некоторых вызовов соединения не будут установлены. Эти вызовы будут либо потеряны, либо заблокированы; причем вероятность того, что поступивший вызов будет либо потерян, либо заблокирован, может стать весьма большой. Время суток и время года также влияют на нагрузку на станции. В определенный период дня (несколько часов) нагруз-

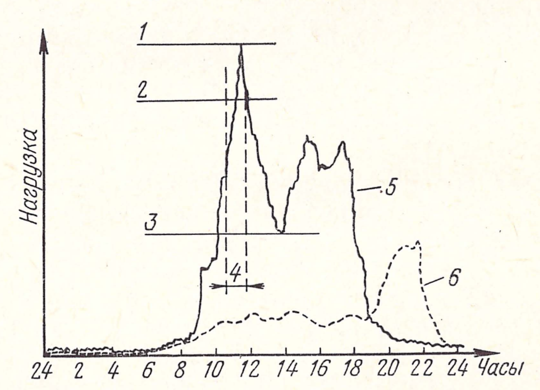


Рис. 2.1. График суточных колебаний телефонной нагрузки:

1 — пиковое значение нагрузки; *2* — среднее значение нагрузки; *3* — среднесуточная нагрузка; *4* — час наибольшей нагрузки; *5* — телефонный обмен деловых абонентов; *6* — телефонный обмен квартирных абонентов

ка оказывается больше, чем средний часовой уровень (рис. 2.1). На суточные колебания нагрузки влияет и сезон года.

Телефонные системы не проектируются для обработки максимальной пиковой нагрузки; скорее они рассчи-

тываются для обработки средней нагрузки, создаваемой в течение часа наибольшей нагрузки (ЧНН — период времени в течение суток, когда на станцию поступает наибольшее число вызовов). Предполагается, что в этот период некоторые вызовы могут оказаться заблокированными. Как уже говорилось, существует определенная вероятность наличия в этот период времени потерянных вызовов, выраженная в виде десятичной дроби, например, $P = 0{,}01$. Такая величина вероятности означает, что из каждой сотни вызовов один вызов будет заблокирован в течение ЧНН. Кроме того, она выражает качество обслуживания, которое будет ухудшаться, если нагрузка, создаваемая телефонным обменом, окажется выше нагрузки в ЧНН, для которой была спроектирована система. Предполагается, что перегрузки могут возникать во время аварий и в особых случаях.

ИНТЕНСИВНОСТЬ НАГРУЗКИ И КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Для расчета телефонной нагрузки следует знать величины интенсивности поступления вызовов, среднего времени обслуживания и интенсивности нагрузки. Интенсивность поступления вызовов выражается средним числом вызовов, посланных абонентом в течение одного часа. Среднее время занятия (обслуживания) — это средняя продолжительность одного занятия приборов коммутации, выраженная в секундах или в минутах. Для оценки телефонной активности[1] одного или нескольких абонентов, посылающих на станцию вызовы, используется единица секундо-занятие (определяемая как один вызов за одну секунду). При измерении в сотнях секунд или в часах используются другие единицы — гектосекундо-занятия или часо-занятия.

Наиболее важным показателем при проектировании телефонных систем является интенсивность нагрузки. Измеряемая в эрлангах (Эрл), эта величина представляет собой использование приборов в течение некоторого интервала времени, отнесенное к этому временно́му интервалу (единица измерения интенсивности нагрузки названа в честь датского инженера и математика А. К. Эрланга). Таким образом, эрланг это есть секун-

[1] По нашей терминологии нагрузки, поступающей от одного или нескольких абонентов. *(Примеч. перевод.)*

до-занятие за секунду, гектосекундо-занятие (CCS или HCS) за 100 с или часо-занятие за час. Оказывается, что при проведении любой серии наблюдений общее число занятых приборов, деленное на число наблюдений, будет равно числу эрланг. Интенсивность нагрузки можно также выразить в гектосекундо-занятиях (CCS или HCS) за час. Тогда 1 Эрл=36 CCS/ч, или 1 Эрл= =36 HCS/ ч.

Пример. Над группой из 20 абонентов непрерывно ведутся наблюдения в течение 40 мин в ЧНН. В течение этого времени абоненты сделали 30 вызовов, причем общее время занятия приборов для всех этих вызовов составило 4200 с. Скорость поступления вызовов, т. е. среднее число вызовов от одного абонента за час, равна (30/20) · (60/40) =9/4·2,25. Среднее время занятия равно 4200/30=140 с. Нагрузка на одного абонента равна 2,25·140=315 с-зан./ч, или 3,15 HCS/ч, или (3,15/36) = = 0,0875 ч-зан./ч, или 0,0875 Эрл.

Следовательно, каждый абонент использует соединительное устройство в течение 0,0875 ч в период ЧНН, а 20 абонентов создают общую нагрузку в 1,75 Эрл. Это означает, что в период наблюдения в среднем одновременно могли существовать 1,75 соединений.

ВИДЫ НАГРУЗКИ

При проектировании центральной телефонной станции следует принимать во внимание категории абонентов. Например, большинство квартирных абонентов характеризуется сравнительно низкой интенсивностью вызовов и значительным временем занятия приборов, в то время как деловые абоненты характеризуются высокой интенсивностью вызовов и малым средним временем занятия приборов. Общая средняя нагрузка, обусловленная телефонным обменом, которая поступает на телефонную станцию, определяется путем суммирования нагрузок в эрлангах, создаваемых каждым абонентом. Если для обработки средней нагрузки, обусловленной телефонным обменом, не обеспечить достаточного количества коммутационного оборудования, то в период пиковой нагрузки может быть потеряно слишком много вызовов. Типичный случай: 32 соединительные линии, пропускающие нагрузку в 20 Эрл, обеспечивают качество обслуживания $P=0{,}01$, в то же время 36 соединительных линий, пропускающих ту же самую нагрузку,

могут обеспечить качество обслуживания $P=0{,}001$ (когда теряется только один вызов из тысячи). Однако 32 соединительные линии используются на 63 процента, т. е. эффективнее, чем 36 соединительных линий, использование которых равно 56 процентам.

СОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

Соединительные устройства важны для любой системы коммутации в электросвязи, поскольку с их помощью устанавливаются соединительные пути для передачи сообщений. Эти устройства не обязательно содержат в себе средства управления их работой. Так, за исключением систем с непосредственным управлением, во всех остальных системах управляющие и соединительные элементы четко разделены. Соединительные устройства используются там, где:

1) устанавливается однократное соединение между устройствами, расположенными по обе стороны соединительного устройства (рис. 2.2*а*);

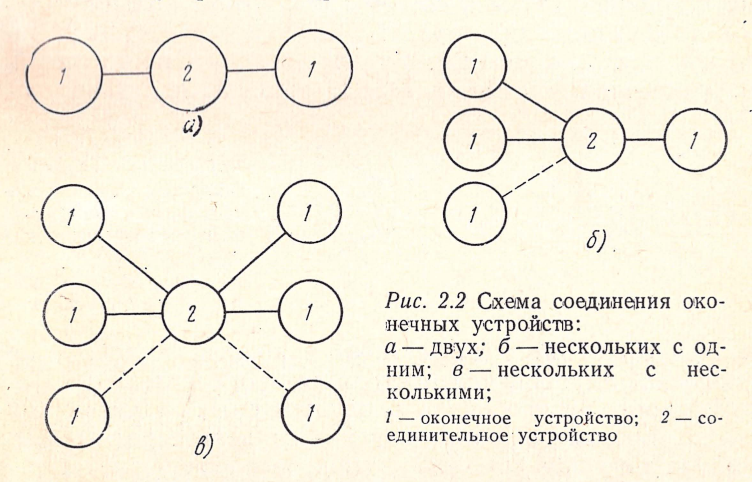


Рис. 2.2 Схема соединения оконечных устройств:
а — двух; *б* — нескольких с одним; *в* — нескольких с несколькими;
1 — оконечное устройство; *2* — соединительное устройство

2) устанавливается соединение от многих устройств, расположенных по одну сторону соединительного устройства, с одним единственным устройством, расположенным по другую его сторону (рис. 2.2*б*);

3) несколько устройств, расположенных с одной стороны соединительного устройства, соединяется со многими устройствами, расположенными с другой его стороны (рис. 2.2*в*).

В последнем случае важно знать, что устанавливаемые в этой схеме соединения являются ненаправленными. Абоненты любой стороны могут быть соединены с абонентами другой стороны. О функциях схем, в которых происходит соединение N абонентских линий с несколько меньшим числом соединительных устройств, а от них—по соединительным линиям к такому же малому числу соединительных устройств, которые, в свою очередь, соединяются с N абонентскими линиями, говорят как о концентрации и расширении.

КОНЦЕНТРАЦИЯ И РАСШИРЕНИЕ

В коммутационной системе максимально возможное число одновременных соединений определяется числом соединительных линий. Число абонентов обычно значительно больше максимально возможного числа одновременных соединений. На практике число соединительных линий определяется желаемым качеством обслуживания и нагрузкой в ЧНН. Нагрузку следует концентрировать на исходящей ступени системы так, чтобы большое число абонентов, подключенных к входам этой ступени, получало доступ к меньшему числу соединительных линий, подключенных к ее выходам. На рис. 2.3*а* показано обо-

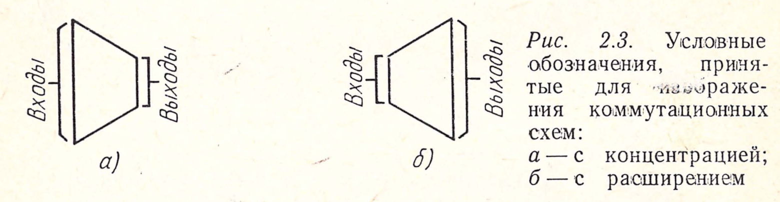


Рис. 2.3. Условные обозначения, принятые для изображения коммутационных схем:
а — с концентрацией;
б — с расширением

значение, принятое для ступени с концентрацией. Для оконечной ступени число входящих соединительных линий много меньше числа обслуживаемых абонентских линий, поэтому она строится как ступень с расширением. На рис. 2.3*б* показано условное обозначение ступени с расширением. Соединения между ступенями расширения и концентрации проходят через распределительные[1] ступени, где отсутствуют и концентрация, и расширение. Основная коммутационная система состоит из ступени концентрации, за которой следуют распредели-

---

[1] В нашей литературе распределительную ступень называют также ступенью без сжатия и расширения. *(Примеч. перевод.)*

тельная ступень для исходящих соединений и аналогичная распределительная ступень, соединенная со ступенью расширения, где происходит окончательное установление соединений, как показано на рис. 2.4.

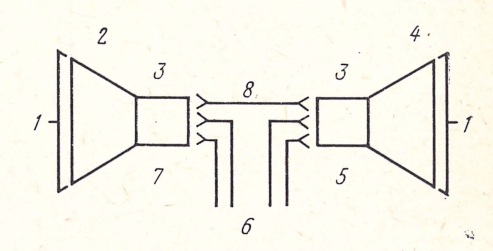


Рис. 2.4. Основные элементы коммутационных систем:

1 — абонентские линии; *2* — концентрация; *3* — распределение; *4* — расширение; *5* — оконечные ступени искания; *6* — к (от) другим телефонным станциям; *7* — исходящие ступени искания; *8* — соединительные линии

Функциональная схема рис. 2.5 иллюстрирует концентрацию, распределение и расширение на простой коммутационной схеме. Десять абонентских линий с левой стороны схемы подключаются к двум промежуточным линиям и десять абонентских линий с правой стороны схемы подключаются к двум другим промежуточным линиям. Чтобы обеспечить распределение тех и других соединительных линий, они коммутируются между собой. Такая распределительная ступень необходима, поскольку она обеспечивает каждой ступени концентрации и расширения доступ ко всем десяти абонентам с левой и правой стороны схемы. На практике трудно найти аналогичную элементарную коммутационную систему, однако она важна, поскольку иллюстрирует все основные моменты коммутации в электросвязи. В настоящее время существует несколько способов изображе-

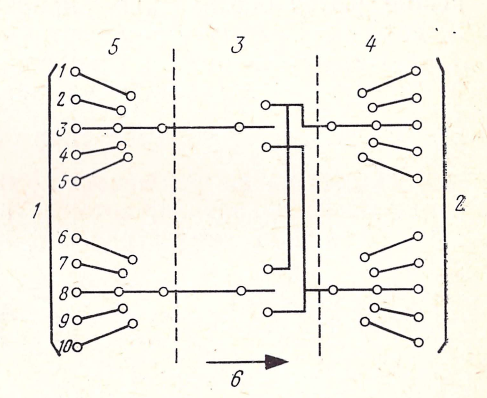


Рис. 2.5. Упрощенная коммутационная схема:

1 — линии вызывающих абонентов; *2* — то же, вызываемых; *3* — распределение; *4* — расширение; *5* — концентрация; *6* — направление вызова

ния коммутационных приборов в шаговых, машинных и координатных системах, однако обозначения, приведенные на рис. 2.6*а*, наиболее часто используются для изо-

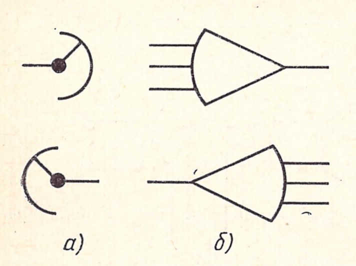


Рис. 2.6. Условные обозначения, принятые для изображения коммутационных приборов

бражения соединительных устройств в этих системах. Кроме того, для изображения одно- и многовходных или одно- и многовыходных коммутационных приборов используются обозначения, приведенные на рис. 2.6*б*. Если эти схемы рассматриваются слева направо, то они реализуют функцию концентрации, если справа налево, то они реализуют функцию расширения.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОКРАТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Для построения различных коммутационных схем используются соединения, которые называют многократными. Как показано на рис. 2.7, любое устройство (A_1,

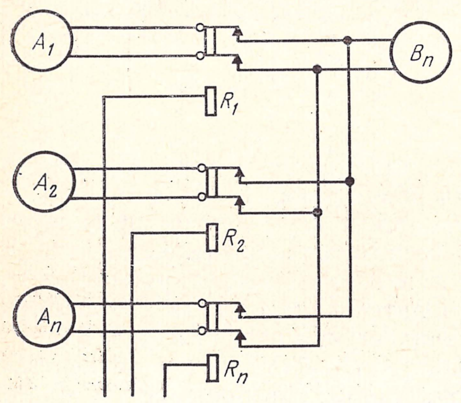


Рис. 2.7. **Многократное соединение**

A_2, ...) может быть соединено с общим устройством (B_n) в результате действия реле R_1, R_2, ... Такое соединение называется многократным потому, что контакт-

ные пружины всех реле многократно подключены к общему устройству (B_n).

На рис. 2.8 показано расширение принципа многократного соединения для установления не одного, а не-

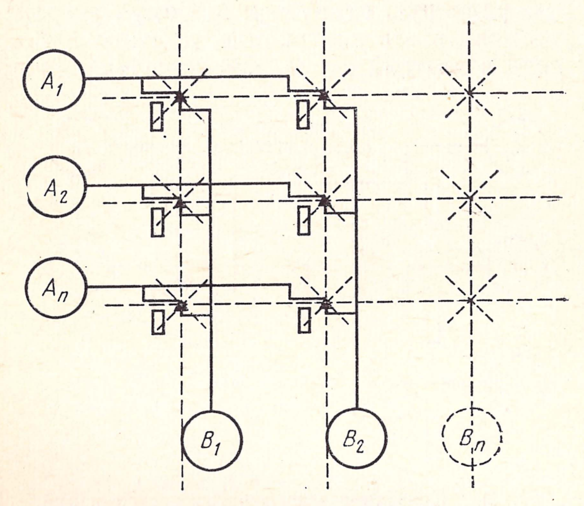


Рис. 2.8. Коммутационная схема, построенная по принципу многократных соединений.

Примечание. Структура, составленная из точек коммутации, показана пунктирными линиями.

скольких соединений одновременно. Ради простоты у каждого реле показано только по одному контакту. Такую схему можно рассматривать как структуру типа решетки, построенную из точек коммутации, в которой каждая цепь с одной стороны схемы соответствует строке коммутирующих реле, а с другой стороны — столбцу коммутирующих реле. Такая решетка может содержать язычковые реле (герконы) или коммутационные элементы многократного координатного соединителя (например, типа Кроссбар). Устройства, которые управляют процессом коммутации путем включения реле, должны гарантировать, чтобы в любой момент времени в каждой строке и в каждом столбце работало не более одного реле.

ЗВЕНЬЕВОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ

Другой способ построения схем, известный как звеньевой, предполагает введение промежуточной линии, которая может быть использована для многих соединений.

Выходы двух схем, реализующих многократное соединение, можно подключить к общей промежуточной линии так, что любое устройство A через первую релейную схему может быть подсоединено к этой линии, а затем через вторую релейную схему — к любому устройству B. Чтобы установить это соединение, должны работать по одному реле в каждой схеме, как показано на рис. 2.9.

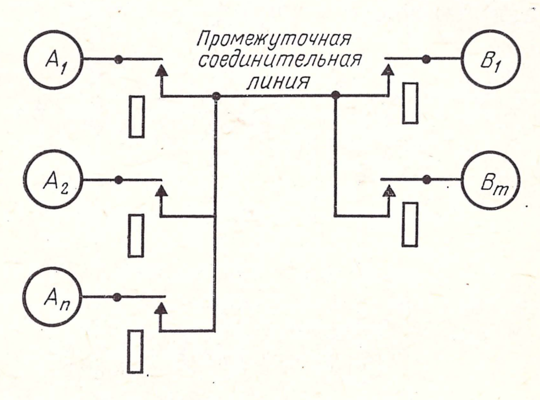


Рис. 2.9. Сочетание многократных соединений с звеньевым включением

Таким образом, принцип звеньевого включения предполагает возможность изменения количества коммутационного оборудования в зависимости от требований на установление одновременных соединений между двумя группами оконечных устройств.

Принцип звеньевого включения, рекомендованный еще в 1912 г. Бетуландером и Пальмгреном в их Шведском патенте, позволяет комбинировать первичные и вторичные коммутационные схемы, размеры которых могут быть значительно меньше, чем размер одного большого искателя. Как показано на рис. 2.10, звеньевое включение схем, реализующих многократное соединение, можно представить, используя обозначение рис. 2.6*б*.

Доступность и неполнодоступное включение. Промежуточные линии в звеньевых схемах наиболее эффективно используются в тех случаях, когда всем входам схемы доступны все промежуточные линии или все соединительные линии, подключенные к выходам схемы. В этом случае говорят, что система является полнодоступной. Если же некоторые промежуточные линии или же исхо-

дящие соединительные линии оказываются недоступными, то говорят, что система имеет ограниченную доступность. Часто оказывается, что пучок промежуточных линий слишком велик, чтобы обеспечить электрическое соединение с каждым устройством, которое может по-

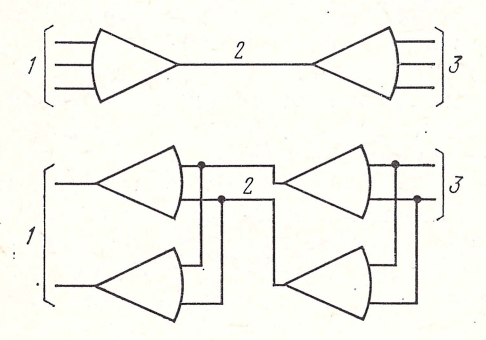


Рис. 2.10. Звеньевое включение первичных и вторичных коммутаторов:
1 — вход; *2* — промежуточная линия; *3* — выход

требовать доступ к этому пучку. Известно много способов, которые позволяют решать эту задачу; один из них состоит в использовании ступенчатого включения. В соответствии с этим способом некоторая часть выходов оказывается доступна не всем, а лишь части приборов данной схемы, в то же время к остальной части выходов имеют доступ все приборы (рис. 2.11). Использование

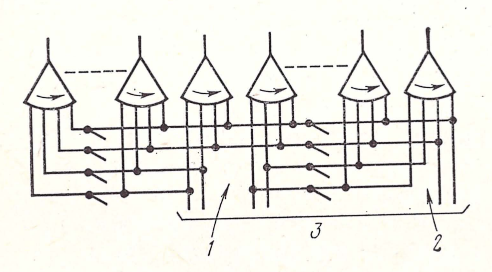


Рис. 2.11. Способы запараллеливания выходов соединительных устройств:
1 — частичный доступ; *2* — полный доступ; *3* — выходы

ступенчатого включения наиболее эффективно в декадно-шаговых станциях, где доступные не всем приборам соединительные линии включаются в выходы искате-

лей, соответствующих первым шагам искания, с которых всегда начинается поиск свободной линии. Если же поиск свободной линии ведется иначе, то преимущества ступенчатого включения не проявляются. Очевидно, схемы ступенчатого включения не могут быть столь же эффективными, как схемы полнодоступного включения с таким же числом выходов, поскольку в неполнодоступных схемах с ограниченным доступом даже при наличии свободных выходов для некоторой части входов соединения не могут быть установлены.

Неполнодоступное включение. Назначение ступенчатого включения состоит в увеличении объема нагрузки, пропускаемой линиями. Применяя его, коммутационную систему ступени искания разделяют на столько нагрузочных групп, сколько требуется для того, чтобы сделать число выходов ступени больше числа линий, с которыми они могут быть соединены. При этом некоторые линии соединяются только с выходами одной части схемы — нагрузочной группы, а другие — с выходами двух или нескольких нагрузочных групп. Если n—число нагрузочных групп, c_i — число выходов, доступных нескольким нагрузочным группам, i — шаг искания, N — общее число линий, идущих в заданном направлении, k — число выходов одной нагрузочной группы, доступных в заданном направлении, то $nk \geqslant N$; $k = \Sigma c_i$ и $N = \Sigma a(1/i)c_i$. При расчете ступенчатого включения формула $B = (A/N)k$ дает приближенную величину вероятности потерь, характеризующую качество обслуживания, где A — пропущенная нагрузка, выраженная в эрлангах. При больших значениях A и N и случайном характере нагрузки эта формула дает достаточно близкие к действительности результаты.

Равномерное включение. Оно является другим способом построения неполнодоступных схем, при котором опробование выходов производится не с некоторой фиксированной позиции, а с той, на которой производилась последняя проверка на занятость. Здесь используются равномерные схемы запараллеливания выходов нагрузочных групп и включения линий данного направления, при которых образуются различные комбинации нагрузочных групп, имеющих доступ к общим соединительным линиям. Такой способ построения неполнодоступных схем находит применение в системах, построенных либо на искателях типа ротари, либо на многократных координатных соединителях.

КОММУТАЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ, КОММУТАТОРЫ И КОММУТАЦИОННЫЕ СХЕМЫ

На рис. 2.8 было показано, как, используя принцип построения многократных соединений, можно составить коммутационную схему в виде коммутатора. Координатное представление такого коммутатора дано на рис. 2.12.

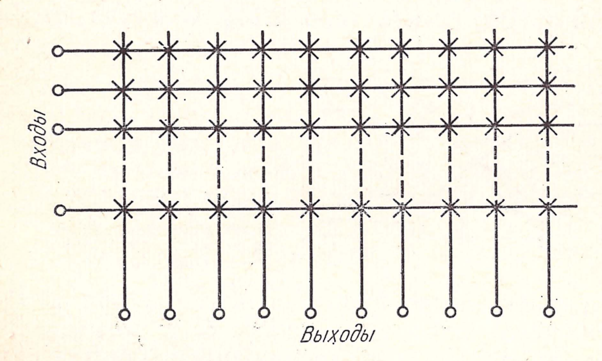


Рис. 2.12. Координатное представление матрицы точек коммутации

Коммутаторы можно строить на МКС, язычковых реле и электронных элементах. Выбор реализации точки коммутации в общем случае определяется требованиями эксплуатации, экономическими соображениями и другими факторами. На каждой станции имеется большое число коммутаторов, поэтому для них принято компактное обозначение в виде прямоугольника, как показано на рис. 2.13*а,* где числа внутри прямоугольника соответст-

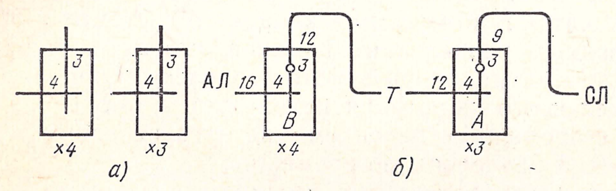


Рис. 2.13. Схемное изображение коммутаторов

вуют числу входов и числу выходов коммутатора. Каждое звено коммутационной системы строится из нескольких коммутаторов, для указания числа которых применяется знак «×». При соединении двух звеньев коммутаторов последовательно друг с другом образуется

двузвенная схема, как показано на рис. 2.13*б*. Буква *Т* указывает на возможность различных сочетаний межзвеньевых соединений.

Другой подход состоит в том, что коммутатор строится не как совокупность точек коммутации, а как коммутационный блок, причем комбинация таких блоков или звеньев называется блочной коммутационной схемой или просто сеткой (рис. 2.14). Существуют различ-

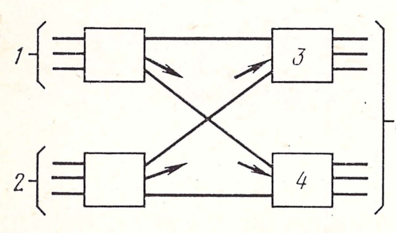


Рис. 2.14. Двузвенная блочная коммутационная схема:

1 — *N*-я группа входов; *2* — первая группа входов; *3* — *N*-й выходной коммутационный блок; *4* — первый выходной коммутационный блок; *5* — выходы

ные варианты символики, используемой при изображении коммутационных схем; иногда блок просто маркируется в соответствии с его содержанием или для каждого звена рисуется одна или несколько перекрещенных линий, которые в совокупности представляют всю коммутационную схему. Рисунки 2.13 и 2.14 могут служить руководством при рассмотрении схем, используемых в коммутационных системах большинства телефонных станций, применяющих пространственную коммутацию каналов. Пространственная коммутация каналов находит применение во всех системах с коммутацией каналов, которые отличаются от рассматриваемых ниже систем, использующих временну́ю коммутацию каналов. Все идеи коммутации, которые обсуждались в этой главе, относятся к коммутации каналов в системах с пространственным разделением каналов, где пути передачи речи или сообщений физически разделены. Однако принцип звеньевого включения используется также и в системах с временны́м делением, где пути передачи речи и сообщений разделены во времени.

Число коммутаторов на данном звене коммутационной схемы зависит от числа точек коммутации в каждой схеме. Там, где стоимость точки коммутации выше, как это имеет место при использовании ферридов или язычковых реле в коммутационных системах электронных АТС, обычно стараются выбирать коммутаторы меньших размеров, а число их на каждом звене становится соответственно больше. В случае недорогих точек коммута-

ции коммутаторы могут содержать большее число контактов, а число их на каждом звене будет соответственно меньше. Такое положение имеет место при использовании МКС, где каждый магнит управляет большим числом контактов. На выбор числа коммутаторов на каждом звене оказывают влияние и другие факторы, которые будут рассмотрены в дальнейшем.

МНОГОЗВЕННЫЕ СХЕМЫ КОММУТАЦИИ

Многозвенные коммутационные системы различаются числом звеньев: от двузвенных в координатных системах до восьмизвенных в некоторых электронных системах. В двузвенной схеме, например, коммутаторы, в которые включены входы схемы, обозначаются как первичные коммутаторы, а коммутаторы, в которые включены выходы схемы, обозначаются как вторичные коммутаторы (рис. 2.15). Основное требование к схеме состоит в том, чтобы каждая группа первичных коммутаторов имела доступ, по крайней мере, через одну промежуточную линию к любой группе вторичных коммутаторов. Важно, чтобы определение местоположения этой промежуточной линии, проходящей между группами коммутаторов, было подчинено некоторому правилу, которое облегчало бы управление и контроль за системой. При распределении промежуточных линий в схеме учитывают, что число выходов из первичного коммутатора определяет число вторичных

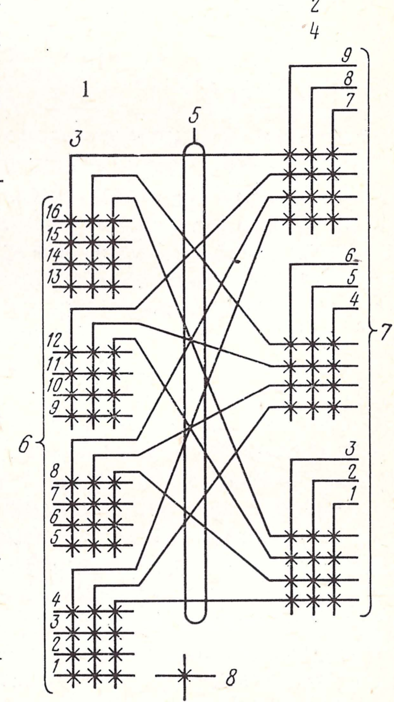


Рис. 2.15. Двухзвенная коммутационная схема:

1 — первое звено; *2* — второе звено; *3* — *A*-коммутаторы; *4* — *B*-коммутаторы; *5*— промежуточные линии; *6*— абонентские линии; *7* — соединительные линии; *8* — точка коммутации

коммутаторов, а число первичных коммутаторов определяет число входов во вторичный коммутатор.

Чтобы расширить двузвенную схему и обеспечить соединение входа с определенным выходом, необходимо лишь добавить третье звено, промежуточные линии к которому будут дублировать промежуточные линии, проходящие между первым и вторым звеньями. Такая схема в условном изображении показана на рис. 2.16.

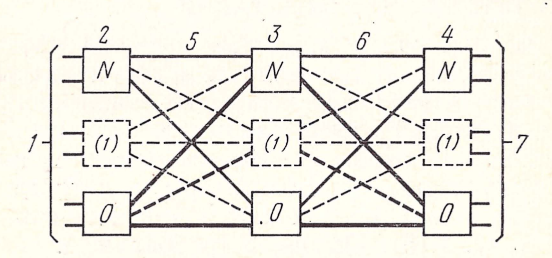


Рис. 2.16. Трехзвенная блочная коммутационная схема:

1 — входы; *2* — первое звено; *3* — второе звено; *4* — третье звено; *5* — *А*-промежуточные соединительные линии; *6* — *В*-промежуточные соединительные линии; *7* — выходы

Предполагая, что каждое звено состоит из N коммутационных блоков, можно показать, что любой вход схемы может быть соединен с любым выходом через N соответствующих пар промежуточных путей. Чтобы определить множество N путей, которые можно использовать, необходимо знать только входной и выходной коммутационные блоки. Однако трехзвенная коммутационная схема обычно используется только на малых станциях, поскольку она обеспечивает довольно ограниченное число соединительных путей.

В больших по емкости электромеханических станциях коммутационная схема строится обычно из двух звеньев, каждое из которых представляет собой также двузвенную схему, а вся схема является, по существу, четырехзвенной схемой. Четвертое звено, которое образуется в результате разделения вторичных коммутаторов, приводит к увеличению числа промежуточных линий внутри всей схемы и является, по существу, первичным звеном выходной двузвенной схемы. Поэтому нет необходимости осуществлять распределение промежуточных соединительных линий (на которые мы будем

ссылаться как на межблочные соединительные линии) между двузвенными схемами так, как это делается для промежуточных линий внутри двузвенной схемы. Необходимо лишь, чтобы была предусмотрена, по крайней мере, одна межблочная линия на каждом вторичном коммутаторе, расположенном во входном блоке схемы, для связи с одним первичным коммутатором, расположенным в каждом выходном ее блоке, что позволило бы обеспечить соединение любой пары промежуточных линий в этих блоках.

Поскольку межблочные линии, включенные в каждый входной блок схемы, поровну распределяются среди всех выходных блоков, то необходимо тщательно поддерживать баланс нагрузки между входными и выходными блоками. Если в направлении к какому-либо выходному блоку поступает слишком большая нагрузка, то вероятность нарушения стыковки внутриблочных промежуточных линий вследствие занятости межблочных линий может стать очень большой. Обычно стремяться получить по возможности широкое «перемешивание» нагрузки как среди коммутаторов, так и среди блоков с тем, чтобы свести к минимуму влияние неполадок в коммутационных приборах и соединительных устройствах и обслужить нагрузку с максимальным качеством. В электромеханических системах четырехзвенные коммутационные схемы используются для центральных станций самой большой для этих систем емкости. Однако на еще бо́льших по емкости центральных станциях, где применяется общее электронное управление, обеспечивающее высокое быстродействие системы, используются восьмизвенные коммутационные схемы.

КОММУТАЦИОННЫЕ СТУПЕНИ С КОНЦЕНТРАЦИЕЙ И РАСШИРЕНИЕМ

Как уже говорилось, коммутационные системы можно рассматривать как неориентированные системы, поскольку обслуживание вызовов абонентов происходит независимо от того, к какой стороне — исходящей или входящей — подключены абонентские линии. Однако в коммутационных системах с поэтапным установлением соединения (шаговых, машинных и панельных) построение соединительного тракта происходит строго направленно. Схема коммутационной системы, включающая ступени концентрации, распределения и расширения, по-

казанная на рис. 2.4, отражает этапы установления соединения. В схемах блочного типа внутристанционный соединительный путь, устанавливаемый между двумя конечными точками схемы, является двусторонним, и можно считать, что любая конечная точка является входом схемы. Принимая во внимание это обстоятельство, можно любую часть схемы использовать и как исходящую, и как оконечную. При этом достигается более эффективное использование коммутационных приборов, промежуточных линий и межблочных соединительных линий; комбинация и совмещение в одном блоке ступеней с концентрацией и расширением дают еще дополнительное преимущество в том, что каждая абонентская линия подключается только к одной части схемы. На рис. 2.17 показаны три способа построения таких комби-

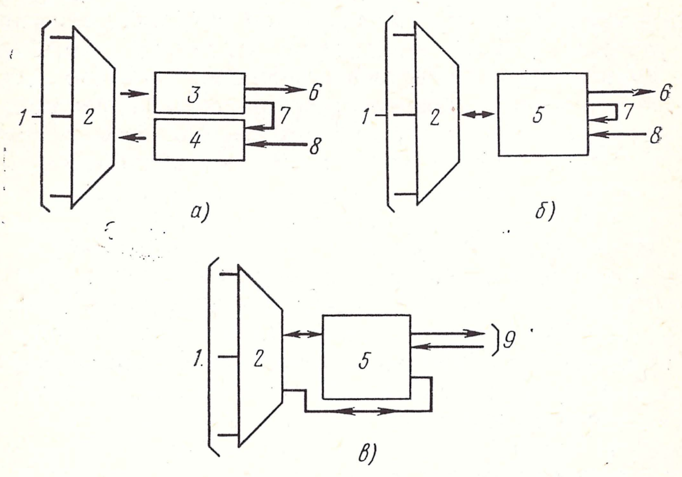


Рис. 2.17. Двусторонние коммутационные схемы:
а — с разделенными ступенями; *б* — с объединенными ступенями; *в* — с частичным совмещением ступеней;
1 — абоненты; *2* — комбинированная схема с концентрацией и расширением; *3* — исходящая распределительная ступень; *4* — оконечная распределительная ступень; *5* — комбинированная коммутационная схема без сжатия и расширения — распределительная; *6* — исходящие соединительные линии; *7* — местные, внутристанционные соединительные линии; *8* — входящие соединительные линии; *9* — исходящие и входящие соединительные линии

нированных схем. На схеме рис. 2.17*а*, которая используется в системе «Кроссбар № 1», исходящая и оконечная распределительные ступени в основной своей части разделены, однако ступени концентрации и расширения

совмещены. На схеме рис. 2.17*б*, которая используется в системе «Кроссбар № 5», все ступени являются двусторонними, а входы и выходы системы выведены на обе ее стороны. На схеме рис. 2.17*в*, которая используется в электронной системе, при обслуживании каждого вызова устанавливается только одно соединение через распределительную ступень. Соединение можно устанавливать в любом направлении, это значит, что любая сторона распределительной ступени может стать исходящей. Такой способ работы коммутационной схемы оказывается возможным благодаря тому, что функции контроля за состоянием линий и подачей питающего напряжения становятся функциями линейных комплектов, в результате чего отпадает необходимость в комплектах межстанционных соединительных линий.

При соответствующем проектировании в коммутационных схемах с комбинированной ступенью расширения и концентрации можно обеспечить весьма эффективное использование промежуточных линий между ступенями расширения — концентрации и распределения. Такое высокое использование промежуточных линий резко контрастирует с неэффективным использованием абонентских линий, которые даже в ЧНН используются только от 5 до 10%. Одно из возможных решений этой проблемы, которое может быть применимо как в системах с поэтапным установлением соединения, так и в блочных системах коммутации, состоит во введении линейных концентраторов. Схема такого концентратора,

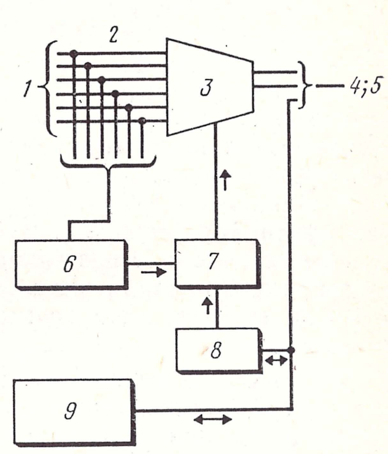
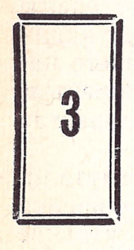


Рис. 2.18. Линейный концентратор координатного типа:

1 — 100 абонентских линий; *2* — вынесенная ступень искания; *3* — коммутационная схема на четырех многократных координатных соединителях 10×10; *4* — 20 соединительных линий для передачи речи; *5* — две соединительные линии для передачи сигналов управления; *6* — опознание линии; *7* — устройство управления; *8* — устройство сигнализации; *9* — источник питания (24 В, никелево-кадмиевая батарея)

который обычно размещается на некотором расстоянии от центральной станции, показана на рис. 2.18. Такой концентратор имеет свое собственное управление и обеспечивает подключение 100 абонентских линий к 20 разговорным соединительным линиям, кроме того, он имеет две соединительные линии для передачи сигналов управления и взаимодействия. Все соединительные линии из концентратора заведены на центральную станцию.



3 Алгебра логики и управление

Обычно считают, что логика ведет свое начало от Аристотеля (384—322 гг. до новой эры), сформулировавшего некоторые правила построения умозаключений, которые называются законами логики. Эти законы включают в себя правило заключения и правило силлогизма. Первое можно кратко сформулировать как: «Если P истинно и означает Q, то Q тоже истинно», а второе как «Если P означает Q и Q означает R, то P означает R». Такую форму заключений имеют многие классические силлогизмы. Логика в том виде, как она была изложена Аристотелем, явилась, по существу, первой попыткой представить в систематизированном виде некоторую обобщенную форму языка и доказательства. В течение 2000 лет в логику были внесены лишь незначительные изменения, и сам предмет логики связывали лишь с именем Аристотеля. Однако в XVII веке математик и философ Лейбниц предпринял поиски алгебры умозаключений, которая бы заменила высказывания. Многие результаты его исследований оказались неопубликованными и неизвестными до тех пор, пока другие авторы не повторили его же выводов.

Около середины XIX века Джордж Буль опубликовал книгу по математическому анализу логики, в которой он представил логику в виде неколичественной алгебры. Предложенная им математическая теория была

алгеброй классов и процессов над разделяющимися и соединяющимися классами. Буль говорил, что он сформулировал в алгебраическом виде законы мышления. Позднее, в конце XIX века английский математик Венн проиллюстрировал эти законы, используя понятия множества и подмножества. Используя диаграммы Венна, можно показать четыре вида традиционной логики, как это сделано на рис. 3.1. Используя этот метод, можно показать, как строится силлогизм (рис. 3.2).

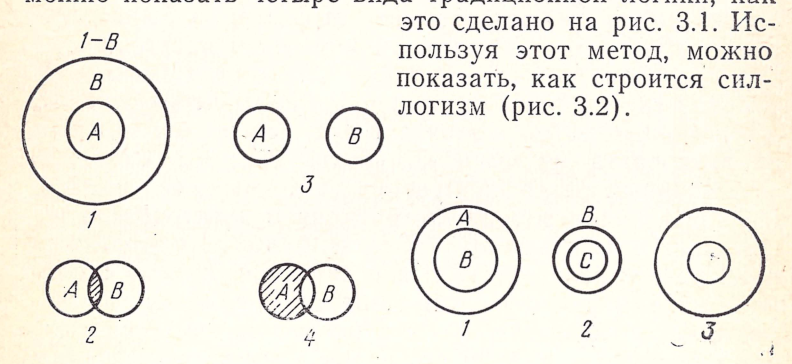


Рис. 3.1. Четыре вида традиционной логики:

1 — общее утвердительное предложение: «все *A* суть *B*», $a(1-b)=0$; *2* — частичное утвердительное предложение: «некоторые *A* суть *B*», $c=ab$; *3* — общее отрицательное предложение: «ни одно *A* не есть *B*», $ab=0$; *4* — частичное отрицательное предложение: «некоторые *A* не суть *B*», $c=a(1-b)$

Рис. 3.2. Построение силлогизма:

1 — все *B* суть *A*, $b(1-a)=0$; *2* — все *C* суть *B*, $c(1-b)=0$ или $c=cb$; *3* — заключение: $b(1-a)=0$, $c=cb$, $c(1-a)=0$, все *C* суть *A*

Булева алгебра нашла применение не только в отношении классов, но и в отношении высказываний. Для высказывания «Если суждение *A* истинно, то и суждение *B* — истинно» можно записать алгебраическое выражение $A(1-B)=0$. Для условного суждения «Если *A* истинно, то и *B* истинно» можно записать: $a(1-b)=0$. Но *A* — истинно, т. е. а—1, следовательно, *B* — истинно, т. е. $b=1$. Для дизъюнктивного суждения имеем: либо *A*— истинно, т. е. $a(1-b)$, либо *B* — истинно, т. е. $b(1-a)$. Тогда их сумма будет равна $a-2ab+b=1$. Однако если *A*—истинно ($a=1$), то *B*—не истинно ($b=0$). С помощью этой математической теории Буль показал, что его алгебра в первую очередь имеет дело с классами, а уже потом — с суждениями; причем возможные значения ограничиваются истинным и ложным (1 или 0).

БУЛЕВА АЛГЕБРА И ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЦЕПЕЙ

В 1938 г. Клод Шеннон[1] из Телефонной лаборатории Белла показал, что булева алгебра может быть применена к анализу переключательных схем. Справедливости ради следует сказать, что и до Шеннона в различных областях разрабатывались системы коммутации и переключения; в частности, без этой теории были построены шаговые, машинные, панельные и координатные системы. Однако булева алгебра обеспечила более систематический подход ко всем проблемам переключений, и с помощью методов этой алгебры стало возможным анализировать все вышеупомянутые системы. Особенно эффективным стало применение этих методов к ЭВМ. Поскольку электронная коммутация в электросвязи основывается на принципах ЭВМ, то булева алгебра здесь приобретает особенно большое значение. Булева алгебра — математическая дисциплина, оперирующая с истинностными величинами; она предлагает систему символов для обозначения истинности и ложности высказываемых суждений и, как было описано выше, имеет дело с препозициональной логикой. Поскольку истинностные величины могут быть представлены 1 и 0, причем истинное значение представляется в виде 1, а ложное — в виде 0, то вполне логично сопоставить их с состоянием замкнутого и разомкнутого ключа. В случае замкнутого ключа устанавливается значение 1, а в случае разомкнутого — значение 0. Однако 1 и 0 здесь используются как логические величины, а не как числовые. В двоичной системе счисления также используются два символа — 1 и 0 — и, таким образом, видна совместимость булевой алгебры с двоичной системой счисления и вообще с цифровыми системами.

При построении цифровых систем обычная процедура синтеза состоит в том, что необходимо построить множество логических уравнений, описывающих действие требуемой системы. Эти логические уравнения записываются в соответствии с правилами булевой алгебры, поэтому проектировщики логических систем должны знать эту алгебру и методы упрощения ее выражений.

[1] Известно, что строгие доказательства применимости булевой алгебры к анализу переключательных схем были даны почти одновременно (в конце тридцатых годов) советским физиком Шестаковым В. И. (1935 г.), американским математиком Шенноном К. Э. (1938 г.) и японским ученым А. Накашима (1936—1938 гг.). *(Примеч. перевод.)*

Упрощение логических уравнений очень важно для большинства цифровых систем, использующих большое число логических элементов, так как только таким путем можно получить наиболее экономичный вариант коммутационной системы.

Разработка большинства телефонных систем коммутации, находящихся сейчас в эксплуатации, предшествовала по времени широкому применению цифровых методов в системах ЭВМ. Однако часть телефонной системы, относящаяся к управлению, для всех телефонных систем коммутации была цифровая, несмотря на то, что сигналы сообщения оставались аналоговыми до тех пор, пока не появилась передача данных цифровыми методами. Таким образом, к управляющим устройствам коммутационных систем электросвязи оказались применимы все те основные методы, которые применимы к цифровым ЭВМ и к другим цифровым системам.

Часто логические функции тесно сплетены с функциями других компонентов коммутационной системы, как это имеет место в шаговых искателях Строуджера, где в самом механизме цифровая функция переключения при непосредственном управлении неотделима от функции коммутации каналов, по которым передаются сообщения.

Исследования Шеннона привели к «алгебре переключений», которая считалась приложением булевой алгебры. В ходе исследований в этой области Шеннон изменил обозначения, предложенные Булем, и использовал 1 для ложной или разомкнутой цепи, а 0 — для истинной или замкнутой цепи. Он это сделал потому, что оперировал термином «сопротивление на пути протекания тока», поэтому 0 означал, что препятствия нет, а 1 означала обратное. Кроме того, он использовал знак «плюс» для обозначения операции И, а знак умножения для операции ИЛИ. Конечно, использование обозначений и символов, полностью противоположных тем, которые ввел Буль, не приводило к изменению конечного результата анализа. Однако после Шеннона при применении булевой алгебры к проблемам переключений вновь вернулись к обозначениям, предложенным Булем.

ОСНОВНЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ СВЯЗКИ БУЛЕВОЙ АЛГЕБРЫ

В булевой алгебре вводятся три логические связки: «=», «+» и «·»[1], которые применительно к трем пере-

[1] Логические связки «=», «+», «·» в нашей литературе также обозначаются как «≡», «∨» и «&». *(Примеч. перевод.)*

менным — A, B и C — определяются следующим образом:

1) связка «$=$» представляет собой логическое равенство. Таким образом, $A=B$ означает, что A и B обладают одними и теми же логическими свойствами или имеют одно и то же истинностное значение;

2) связка «$+$» означает ИЛИ. Таким образом, если A или B представляет собой логическую единицу, то $A+B=1$;

3) связка «$\cdot$» означает И в том смысле, что A и B равны единице тогда и только тогда, когда и A и B представляют собой логическую единицу, т. е. $A \cdot B=1$, если $A = 1$ и $B = 1$. Так же, как в обычной алгебре, в булевой алгебре опускают точку и пишут AB. Таким образом, AB означает также A и B. В записи AB уже подразумевается и сама связка и ее смысл [1].

Кроме рассмотренных логических связок, имеется оператор [2], указывающий отрицание или дополнение. Он имеет действие изменения истинностного значения на обратное, как если бы $A = 1$, то $\bar{A} = 0$.

АКСИОМЫ И ПОСТУЛАТЫ БУЛЕВОЙ АЛГЕБРЫ

Используя приведенные выше связки и операторы, можно следующим образом сформулировать некоторые законы булевой алгебры:

$A+B=B+A$ (коммутативность связки «$+$»);

$A \cdot B=B \cdot A$ или $AB=BA$ (коммутативность связки «$\cdot$»);

$A+(BC)=(A+B)(A+C)$ (дистрибутивность связки «$\cdot$»);

$A(B+C)=AB+AC$ (дистрибутивность связки «$+$»);

$A+A=A$ (закон идемпотентности);

$\overline{AB}=\bar{A}+\bar{B}$;

$A+0=A$;

$A+\bar{A}=1$, $\overline{A+\bar{A}}=0$;

$A \cdot 1=A$;

$A \cdot \bar{A}=0$;

$(A+B)+C=A+(B+C)$ (дистрибутивный закон).

---

[1] Все перечисленные логические связки имеют в нашей литературе следующее наименование соответственно: эквивалентность, конъюнкция и дизъюнкция. *(Примеч. перевод.)*

[2] Операция, реализуемая данным оператором, в нашей литературе чаще называется инверсией, а сам оператор обозначается как «НЕ». *(Примеч. перевод.)*

ОБОЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ДЛЯ ОСНОВНЫХ ЛОГИЧЕСКИХ СВЯЗОК И ОПЕРАТОРОВ

Существует несколько систем представления связок и операторов булевой алгебры. Здесь мы покажем некоторую стандартную систему, принятую в США, и типовые схемы на положительной логике, реализующие связки И и ИЛИ (рис. 3.3).

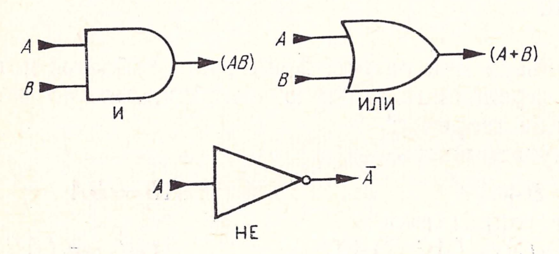


Рис. 3.3 Условные обозначения основных функциональных элементов, реализованных в положительной логике

Логические функции, обозначаемые вышеупомянутыми символами, можно описать таблицей истинности

Таблица 3.1

Таблица истинности для функций И, ИЛИ, НЕ

A	B	AB	$A+B$	$\overline{A}$
0	0	0	0	1
0	1	0	1	1
1	0	0	1	0
1	1	1	1	0

(табл. 3.1), где перечисляются логические значения любой данной функции булевых переменных, которые она принимает при всех возможных значениях переменных, от которых зависит. По определению логические значения функции ограничиваются только 0 и 1.

ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕМЫ

Булеву алгебру можно связать с теорией множеств, и тогда функции И, ИЛИ, НЕ можно представить диаграммами Венна (рис. 3.4).

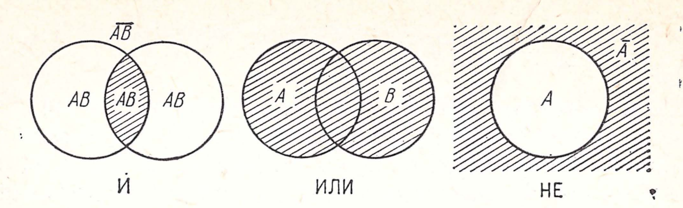


Рис. 3.4. Диаграмма Венна для операций И, ИЛИ и НЕ

Используя диаграммы Венна, или таблицы истинности, или препозициональную алгебру, можно доказать следующие теоремы:

коммутативность

[$A+B=B+A$ $\quad$ $AB=BA$]

ассоциативность

[$A+(B+C)=(A+B)+C$ $\quad$ $A(BC)=(AB)C$]

дистрибутивность

[$A+(BC)=(A+B)(A+C)$ $\quad$ $A(B+C)=AB+AC$]

объединение и пересечение

[$A+0=A$; $A\cdot 1=A$; $A+1=1$; $A\cdot 0=0$ $\quad$ —]

идемпотентность

[$AA=A$ $\quad$ $A+A=A$]

поглощение

[$A+AB=A$ $\quad$ $A(A+B)=A$]

теоремы де Моргана

[$\overline{A+B}=\bar{A}\bar{B}$ $\quad$ $\overline{AB}=\bar{A}+\bar{B}$]

Однако выводы этих доказательств являются интересными математическими упражнениями, поэтому нам нет необходимости приводить их здесь.

ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Для двух булевых переменных можно построить 16 логических функций. Кроме функций И, ИЛИ, НЕ, можно указать еще шесть функций, наиболее важных для синтеза цифровых устройств: НЕ—И, НЕ—ИЛИ, И—НЕ (запрет), ИЛИ—НЕ, совпадение, исключающее ИЛИ[1] (рис. 3.5).

---

[1] В соответствии с принятым в нашей стране ГОСТ 2.743—72 указанные функции имеют следующее наименование: функция Шеффера (штрих Шеффера), функция Вебба («стрелка Пирса»), запрет, импликация (включение), эквивалентность (совпадение), сложение по модулю 2 *(Примеч. перевод.)*

Описанные логические функции реализуются схемно в виде логических элементов, которые управляют прохождением сигналов через них и обеспечивают появле-

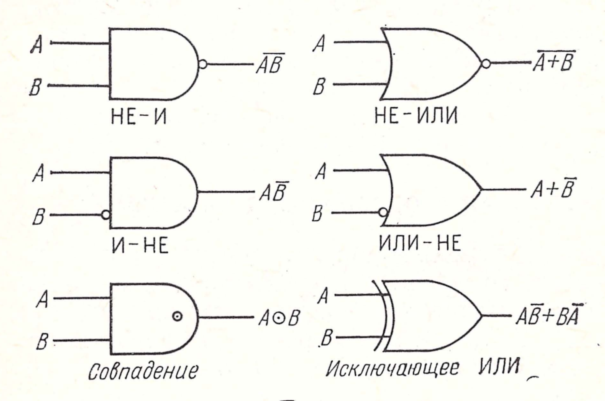


Рис. 3.5. Шесть дополнительных логических функций, показанных в предположении реализации их в положительной логике

ние сигналов на выходе в точном соответствии с логической функцией, которую они отображают. На входах и выходах логических элементов появляются двоичные си-

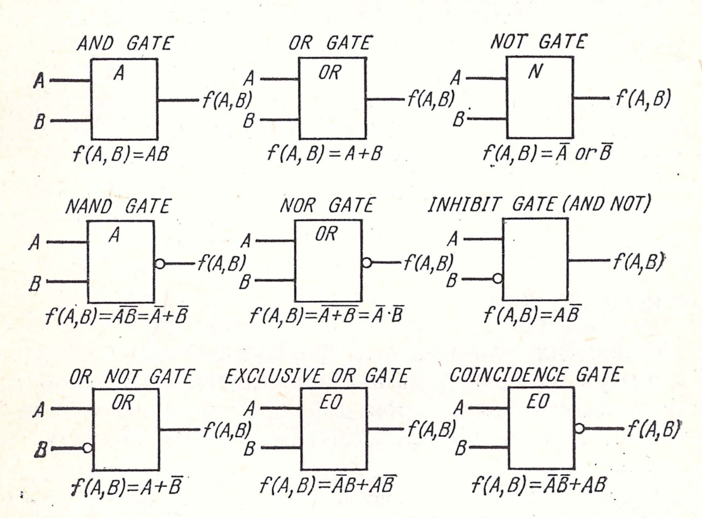


Рис. 3.6. Условные обозначения девяти важных логических элементов, рекомендованные американским Институтом национальных стандартов

гналы, которые могут быть потенциальными или импульсными.

Американский институт национальных стандартов принял условные обозначения для изображения логических элементов, реализующих девять вышеназванных логических функций (рис. 3.6). Любой из приведенных логических элементов, кроме запрета и исключенного ИЛИ, может иметь любое число входов, однако каждый из них должен иметь только один выход.

ПОЛОЖИТЕЛЬНАЯ И ОТРИЦАТЕЛЬНАЯ ЛОГИКА

Если для передачи информации используются уровни сигналов, то соответствующая логическая схема (логика) определяется как логика постоянного тока или *dc*-логика[1]. Если же для передачи информации используются изменения уровней сигналов, то соответствующая логика определяется как логика переменного тока или *ac*-логика[2].

Возможны два способа построения потенциальных логических схем. Если более высокое напряжение соответствует двоичному состоянию 1, а низкое напряжение — двоичному состоянию 0, то такая логическая схема называется положительной логикой. Если же более высокое напряжение соответствует 0, а более низкое — 1, то говорят об отрицательной логике.

В общем случае выбор типов схемных компонентов определяет, будет ли логика положительной или отрицательной. Здесь мы будем касаться в основном потенциальных схем и ограничимся только теми компонентами схем, которые необходимы для построения девяти типов логических элементов, о которых говорилось ранее.

РЕЛЕЙНАЯ ЛОГИКА

С самого начала в автоматических системах телефонной коммутации для реализации логических функций использовались реле. Имея два состояния контактов — замкнутое и разомкнутое, они могут обеспечивать на

---

[1] В нашей литературе говорят о потенциальных логических схемах, или схемах с потенциальными сигналами. *(Примеч. перевод.)*

[2] У нас в литературе говорят об импульсных логических схемах, или схемах с импульсными сигналами, или схемах, реагирующих на переход уровней сигналов. *(Примеч. перевод.)*

выходе формирования двоичного сигнала (1 или 0). Девять логических схем, о которых мы уже говорили, можно реализовать весьма простыми релейными схемами, три из которых показаны на рис. 3.7. В электромехани-

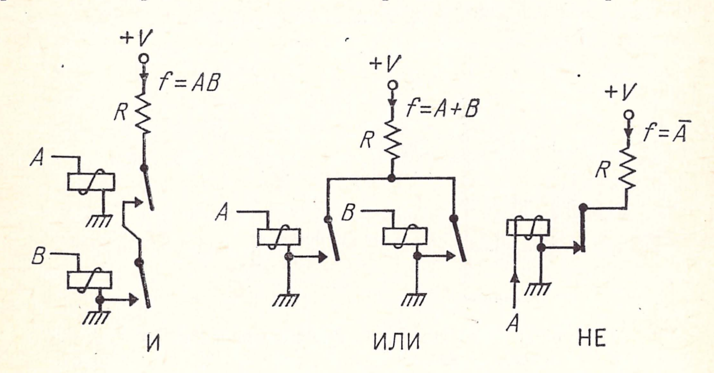


Рис. 3.7. Реализация логических функций на реле

ческих системах коммутации реле все еще находят широкое применение, особенно в цепях общего управления. Однако они имеют значительно меньшее быстродействие и оказываются менее надежными, чем полупроводниковые электронные элементы, которые в значительной степени заменили их.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

Для реализации функций И, ИЛИ, НЕ, НЕ—ИЛИ, НЕ—И, ИЛИ—НЕ, исключающего ИЛИ, запрета и совпадения используются различные комбинации диодов и транзисторов.

Полупроводниковые диоды работают как скоростные переключатели в схемах И и ИЛИ (см. на рис. 3.15). Однако поскольку они являются пассивными элементами, то их обычно используют в сочетании с транзисторами, что позволяет применять их в сложных переключательных схемах.

ДИОДНО-ТРАНЗИСТОРНАЯ ЛОГИКА (ДТЛ)

Диодно-транзисторные элементы находят широкое применение как в «навесной» электронике, так и в интегральных схемах. Схема базового функционального элемента в интегральном исполнении показана на рис. 3.8. Число входов в эту схему характеризуется коэффициен-

том объединения по входу. Число выходов характеризуется коэффициентом разветвления по выходу. Коэффициент разветвления по выходу определяется нагру-

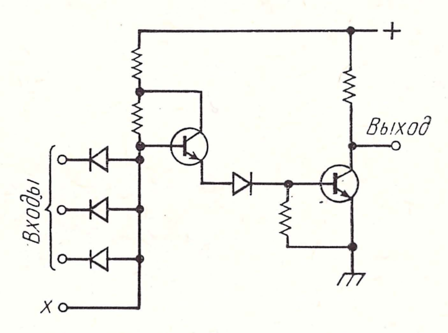


Рис. 3.8. Элемент диодно-транзисторной логики

зочной способностью схемы и представляет собой число идентичных по нагрузке схем, которые можно подключить к выходу. При подаче высокого напряжения (высокий уровень) на все входы этой схемы диоды переходят в непроводящее состояние, транзистор переходит в состояние насыщения и на выходе создается низкое напряжение (низкий уровень). Если хотя бы на одном входе схемы будет низкий уровень сигнала, то соответствующий диод будет открыт и напряжения, подаваемого на базу транзистора через два последовательно включенных диода, будет недостаточно для образования базового тока. Транзистор закрывается, состояние выхода изменяется и на выходе формируется высокий уровень.

Если же за значение логической единицы принят высокий уровень сигнала, то таблица истинности для функции, реализуемой этим элементом, будет соответствовать таблице, описывающей операцию НЕ—И. И наоборот, если за значение

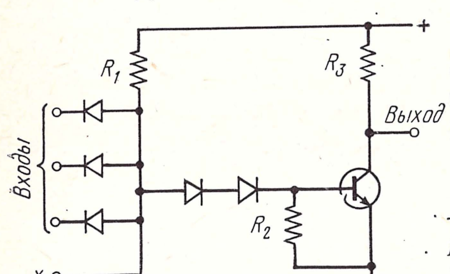


Рис. 3.9. Элемент модифицированной диодно-транзисторной логики

логической единицы принят низкий уровень сигнала, то таблица истинности для функции, реализуемой этим элементом, будет соответствовать таблице, описывающей операцию НЕ—ИЛИ.

Другой вариант диодно-транзисторной логики показан на рис. 3.9, где один из последовательно включенных диодов заменяется транзистором, коллектор которого подключается к входному резистору. Этот транзистор работает как усилитель и не может перейти в состояние насыщения. Дополнительное усиление, которое он вносит, обеспечивает больший базовый ток, используемый для открывания выходного транзистора, не увеличивая при этом входной ток транзистора в закрытом состоянии.

ТРАНЗИСТОРНАЯ ЛОГИКА С НЕПОСРЕДСТВЕННЫМИ СВЯЗЯМИ МЕЖДУ ЛОГИЧЕСКИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ (ДСТЛ)

В схемах логических элементов транзисторы могут использоваться и без диодов, как это показано на рис. 3.10. Такие схемы в силу своей простоты были среди тех, которые первыми рассматривались для реализации их в интегральном исполнении. Если на одном или нескольких входах схемы появляется высокий уровень сигнала, то соответствующий транзистор открывается и на выходе его создается низкий уровень. Лишь в том случае, когда на всех входах будет низкий уровень, транзисторы закроются и на выходе будет высокий уровень сигнала. Таким образом, данная схема соответствует элементу НЕ—ИЛИ в положительной логике.

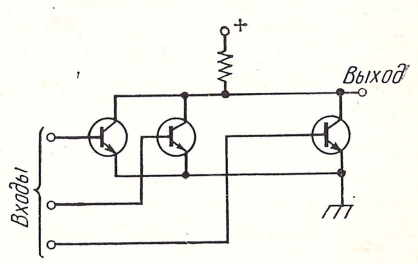


Рис. 3.10. Элемент транзисторной логики с непосредственными связями

Вследствие нелинейности характеристики по току схема рис. 3.10 была модифицирована и построена другая, известная под названием резистивно-транзисторной логики (РТЛ). Как показано на рис. 3.11, здесь на входе каждого транзистора включены резисторы, которые ограничивают ток на базе и в то же время вызывают увеличение уровня выходного сигнала, когда на выхо-

де создается высокий уровень. Дальнейшая модификация может приводить к подключению конденсаторов к каждому входному резистору, в результате чего образуется новая транзисторная логика с резистивно-емко-

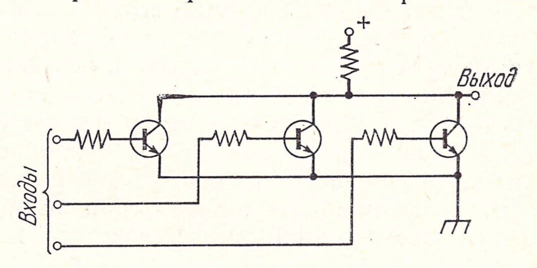


Рис. 3.11. Элемент резистивно-транзисторной логики

стными связями между логическими элементами (РСТЛ). В общем случае основной недостаток транзисторных логических схем с непосредственными связями состоит в том, что транзисторы работают в режиме насыщения. Это ограничивает быстродействие логического элемента.

ТРАНЗИСТОРНО-ТРАНЗИСТОРНАЯ ЛОГИКА

Схемы ТТЛ или T^2Л относятся к классу наиболее разработанных цифровых интегральных схем, работающих в режиме насыщения. Они принадлежат к числу схем с самым высоким быстродействием, с самой малой потребляемой мощностью и самой высокой помехозащищенностью. В диодно-транзисторной логике входные диоды заменяются многоэмиттерным транзистором, а диоды, включенные в цепи непосредственной связи, и первый транзистор исключаются. Непосредственная выгода такой замены состоит в следующем. Диоды в диодно-транзисторной схеме могли переключаться слишком быстро, в результате чего могла возникать блокировка заряда на базе выходного транзистора, и, следовательно, время выключения насыщенного транзистора могло стать слишком большим.

Базовая логическая схема ТТЛ-логики, которая приведена на рис. 3.12, выполняет те же функции, что и диодно-транзисторная логика, т. е. функцию НЕ—И. Если на всех входах присутствуют сигналы высокого уровня, то ток протекает через резистор в цепи базы

и через переход база—коллектор транзистора VT_1 на базу транзистора VT_2. Транзистор VT_2 открывается и переходит в состояние насыщения. Он закрывает транзистор VT_3 и открывает транзистор VT_4, тем самым создавая на выходе низкий уровень сигнала. Транзистор VT_3 называется транзистором включения, а транзистор VT_4 — транзистором выключения. Диод в выходном звене гарантирует надежное закрывание транзистора VT_3 в момент, когда открывается транзистор VT_4. Если хотя бы на одном входе будет низкий уровень сигнала, то базовый ток транзистора VT_1 отводится на базово-эмиттерный переход, транзистор VT_1 открывается и переходит в состояние насыщения. В результате этого создается низкое сопротивление в цепи включения транзистора VT_2, поэтому транзистор VT_2 быстро закрывается. Транзистор VT_4 закрывается, а VT_3 открывается, в результате чего на выходе создается высокий уровень сигнала. Низкое сопротивление в коллекторной цепи транзистора включения ограничивает величину тока, которая может стать достаточно большой при переключении схемы.

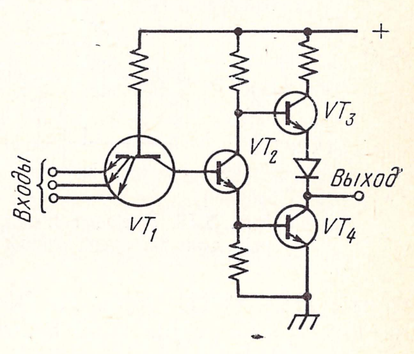


Рис. 3.12. Элемент транзисторно-транзисторной логики

ЛОГИКА НА ТРАНЗИСТОРАХ ДОПОЛНЯЮЩИХ ТИПОВ И ЛОГИКА С ЭМИТТЕРНЫМИ СВЯЗЯМИ (СМЛ)

Все рассмотренные до сих пор транзисторные схемы работали в режиме насыщения, ограничивающем их быстродействие. Есть два других типа схем — транзисторная логика на транзисторах дополняющих типов и логика с эмиттерными связями, — относящихся к классу быстродействующих схем, транзисторы которых работают в ненасыщенном режиме. Как видно из рис. 3.13, базовый функциональный элемент транзисторной логики с дополняющими транзисторами реализует функцию И. Эта логика в некотором смысле аналогична диодно-транзисторной логике, в которой на входе схемы используются транзисторы типа *p-n-p*, причем для вос-

становления логических уровней сигнала включается несколько каскадов этих схем. Здесь для восстановления уровней сигналов могут использоваться либо эле-

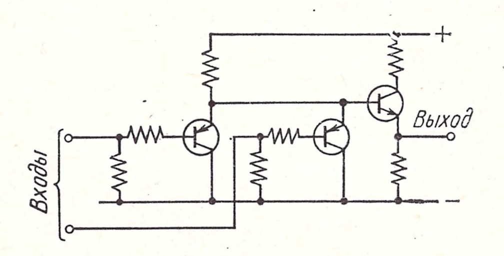


Рис. 3.13. Элемент логики на транзисторах дополняющих типов

менты НЕ—ИЛИ, либо И. Оба эти элемента имеют на входах транзисторы типа *n-p-n* и обеспечивают задержку передачи сигнала порядка 12 нс. Приведенный здесь элемент И обеспечивает задержку передачи сигнала порядка 4 нс.

В схемах транзисторной логики с эмиттерными связями транзисторы также работают в ненасыщенном режиме, что обеспечивает их высокое быстродействие вследствие того, что отсутствует задержка сигнала, обусловленная временем рассасывания заряда. Базовый функциональный элемент логики приведен на рис. 3.14. Если на всех выходах низкий уровень логики, то

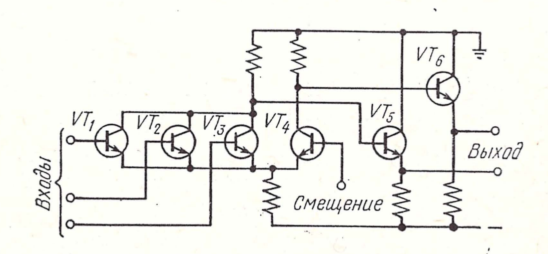


Рис. 3.14. Элемент логики с эмиттерными связями

эмиттерный повторитель VT_5 открыт и обеспечивает на выходе высокий уровень сигнала. Транзистор VT_4 также открыт, и на выходе транзистора VT_6 будет низкий уровень сигнала. Если хотя бы на одном входе появится высокий уровень сигнала, то ток, протекающий в це-

пи входного транзистора, вызовет понижение уровня сигнала на выходе транзистора VT_5. Наличие общего резистора в эмиттерной цепи приведет к тому, что ток в цепи транзистора VT_4 будет уменьшаться по мере того, как ток в цепи входного транзистора будет увеличиваться, в результате чего поднимется уровень сигнала на выходе транзистора VT_6. Эмиттерные повторители, включаемые на каждом выходе схемы, служат для восстановления логических уровней. Преимущество описанной схемы с эмиттерными связями состоит в том, что базовый элемент позволяет получить парафазные логические выходы — в частности, выходной сигнал, вырабатываемый в соответствии с функцией НЕ—ИЛИ, снимается с выхода транзистора VT_5, а сигнал, вырабатываемый в соответствии с функцией ИЛИ, снимается с выхода транзистора VT_6.

Схемы логики с эмиттерными связями характеризуются задержкой в передаче сигнала всего лишь в несколько наносекунд, однако они имеют низкую помехозащищенность и характеризуются большой мощностью рассеяния. Кроме того, при построении схем на быстродействующих элементах неизбежно сталкиваются с проблемой их взаимных соединений, поэтому там, где вопрос высокого быстродействия не стоит на первом месте, такие элементы обычно не применяют.

ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЕ ЛОГИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СИСТЕМАХ ОБЩЕГО ЭЛЕКТРОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

В качестве базового функционального элемента при построении центрального управляющего устройства станции № 1 ESS, разработанной фирмой «Белл Систем», используется элемент простейшего типа. Диодный

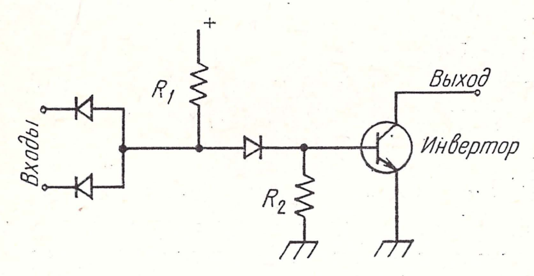


Рис. 3.15. Элемент логики И — НЕ, используемой в системе № 1 ESS

клапан И, выход которого подключен к транзистору, выполняющему роль инвертора-усилителя, образует элементарный блок И—НЕ, который используется при построении всей системы управления. На базу транзистора подается напряжение смещения. Эта логическая схема приведена на рис. 3.15. Однако в большинстве других электронных станций обычно применяются другие типы логических схем с насыщенными транзисторами.

В системе № 2 ESS в качестве базового блока используется резистивно-транзисторная схема НЕ—ИЛИ, показанная на рис. 3.16. Она построена на кремниевых

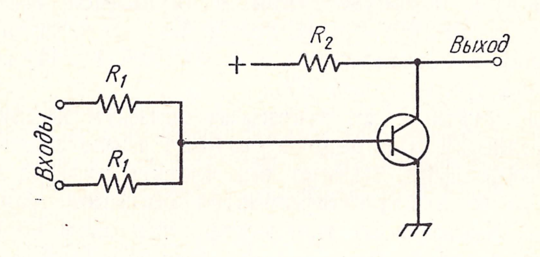


Рис. 3.16. Элемент логики НЕ — ИЛИ, используемой в системе № 2 ESS

транзисторах и танталово-азотистых тонкопленочных резисторах. В учрежденческой АТС типа № 101 ESS, разработанной фирмой «Белл Систем», применяются два типа логики. В низкоскоростной части устройства общего управления применяется резистивно-транзисторная логика, использующая транзистор типа 16С фирмы «Вестерн Электрик». В другой части устройства управления, например в системе задающих генераторов с частотой 1 МГц или в схемах трансляторов, требуется другой тип логики с бо́льшим быстродействием. Поэтому там обычно используются элементы НЕ—ИЛИ диодно-транзисторной логики.

В процессоре 1А фирмы «Белл», который работает в 8 раз быстрее, чем процессор системы № 1 ESS, в качестве базового логического блока используется элемент НЕ—И модифицированной диодно-транзисторно-транзисторной логики ($ДТ^2Л$). Он был разработан таким образом, чтобы обеспечить достаточное быстродействие и малую потребляемую мощность при времени задержки передачи сигнала в 5 нс и мощности рассеяния до 6 мВт. Процесс коллекторно-диффузионной изо-

ляции, используемый при производстве этих схем, даже в самом худшем случае гарантирует защиту от помехи порядка 200 мВ. При перепаде по логическому уровню

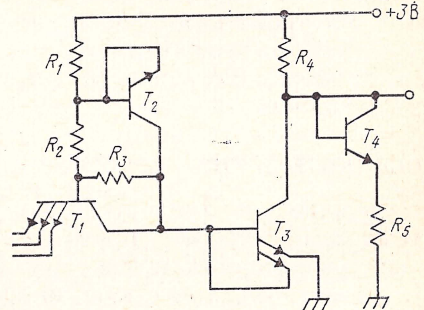


Рис. 3.17. Элемент логики НЕ — И, используемый в процессоре 1А, разработанном фирмой «Белл», и в системе № 4 ESS (элемент диодно-модифицированной логики T^2Л или ДT^2Л)

в 1 В такая помехозащищенность оказывается вполне соизмеримой с помехозащищенностью других типов схем. Логическая схема элемента ДT^2Л, используемого в процессоре 1А, приведена на рис. 3.17.

4 Коммутационные приборы и реле, используемые в разговорном тракте и цепях управления

В современных системах коммутации используется множество различных коммутационных приборов с металлическими контактами, которые применяются для замыкания и размыкания цепей передачи речевого сигнала. Сюда относятся искатели с одним круговым движением типа ротари, искатели с двумя движениями типа Строуджер и различные соединители. В некоторых новых электронных системах находят широкое применение герконовые реле особенно там, где полупроводниковые или другие бесконтактные элементы оказались пока малопригодными. Однако наряду с тем, что в новых электронных станциях, управление которых организовано на базе ЭВМ, применяются коммутационные приборы с металлическими контактами, уже сейчас имеется ряд систем с электронной коммутацией.

Наиболее распространенные реле — реле с плоскими или проволочными контактными пружинами — в устройствах коммутации разговорных цепей обычно не применяются; в современных АТС они широко используются в устройствах общего управления. Заметим, что с введением в устройства управления полупроводниковых приборов потребность в электромеханических реле уменьшилась.

СОЕДИНИТЕЛЬ ТИПА КРОССБАР

Соединитель типа Кроссбар[1] получил в настоящее время самое широкое применение в устройствах коммутации разговорных цепей. Несмотря на ярко выраженную электромеханическую природу этого прибора, он используется в целом ряде станций с управлением по записанной программе. Принцип работы такого соединителя в упрощенном виде показан на рис. 4.1. Ряд многопроводных горизонталей пересекается с рядом многопроводных вертикалей и на их пересечении формируется группа контактов. Подавая питание в соответствующую пару горизонтальных и вертикальных магнитов (соответственно от *A* до *C* или от *W* до *Z*), можно обеспечить соединение любого вертикального входа с любым горизонтальным выходом. Таким образом, включая магниты *A* и *W*, можно было бы подключить вход *1* к выходу *4*. В общем случае многократные соединители различаются механизмом осуществления коммутации, однако основное различие между ними состоит в способе блокировки контактов — механическом или электрическом.

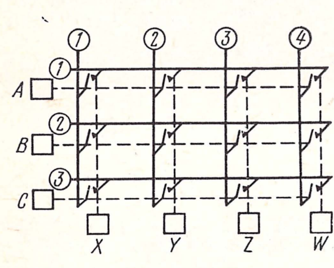


Рис. 4.1. Принцип работы МКС

Первые городские координатные станции были введены в эксплуатацию в США в 1938 г. В 1943 г. была введена междугородная координатная станция, а с 1947 г. фирма «Белл Систем» полностью перешла на выпуск координатных систем, особенно после введения в эксплуатацию своей системы Кроссбар № 5. Не-

---

[1] Соединитель типа Кроссбар относится к классу многократных координатных соединителей, которые в нашей стране получили сокращенное название МКС. *(Примеч. перевод.)*

смотря на то что искатели Строуджера все еще широко использовались в системах связи, тем не менее фирма «Белл Систем» во всех возможных случаях произвела замену оборудования панельных и шаговых систем оборудованием координатных систем. В результате этого через 25 лет почти 50% всех местных линий обслуживалось АТС координатного типа. Что касается частных телефонных компаний в США, то за тот же период времени они заметно не изменили своего отношения к шаговым АТС, исключая, возможно, только станции, обслуживаемые Северной электрической компанией (North Electric Company). В 1973 г. свыше 850 000 частных линий обслуживалось координатными системами, построенными на базе МКС, которые либо импортировались из Швеции, либо изготавливались в Швеции Северной электрической компанией по лицензиям шведских компаний. В последнее время ряд координатных систем был импортирован из Японии, где на базе таких соединителей было построено большое число систем.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТИПОВОГО КООРДИНАТНОГО СОЕДИНИТЕЛЯ

На рис. 4.2 показан координатный соединитель, изготавливаемый фирмой «Л. М. Эрикссон» (L. M. Ericsson); он имеет десять вертикальных и шесть горизонтальных выбирающих реек. Несмотря на свою уникальную конструкцию, этот соединитель принадлежит к уст-

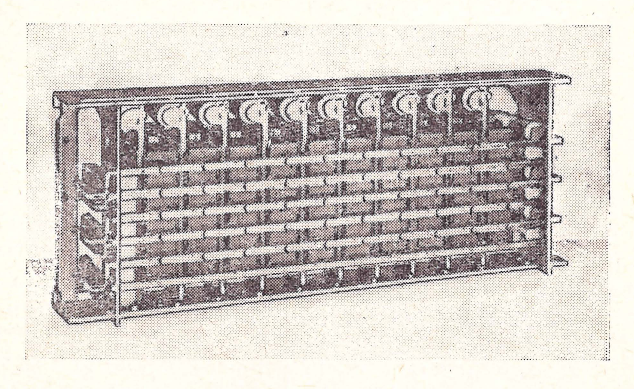


Рис. 4.2. Внешний вид типового МКС, разработанного фирмой «Л. М. Эрикссон»

ройствам релейного типа, так как его контакты замыкаются и размыкаются точно так же, как и контакты реле. Вертикальный блок[1], показанный на рис. 4.3, со-

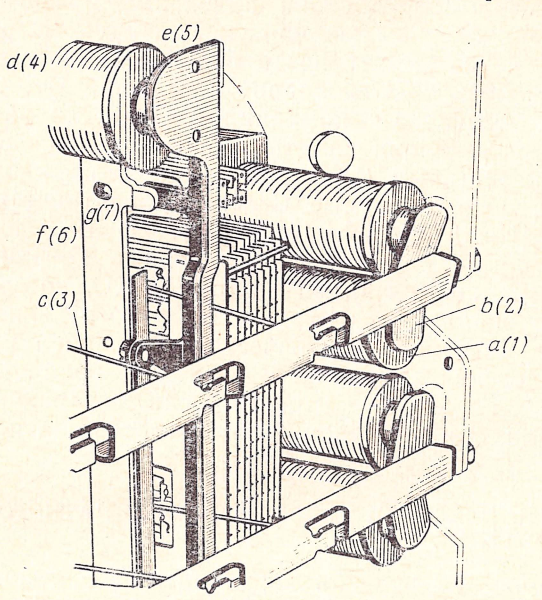


Рис. 4.3. Вид сверху и справа на МКС фирмы «Л. М. Эрикссон»:

1 — выбирающий электромагнит; 2 — якорь горизонтальной рейки; 3 — выбирающий палец; 4 — удерживающий электромагнит; 5 — якорь вертикальной рейки (вертикальный якорь); 6 — удерживающая рейка; 7 — движущая пружина

стоит из электромагнита d, якоря e и 12 пакетов пружин, число которых определяется числом горизонтальных реек — в данном случае их шесть. Контактная группа пакета содержит подвижные контактные пружины, причем каждая подвижная пружина может входить в контакт с неподвижной контактной шиной[2], которая, в свою очередь, является общей для всех пакетов вертикального блока. В рабочем состоянии все подвижные контактные пружины одного пакета перемещаются одновременно, что обеспечивается толкателем. Якорь каждой рейки может притягиваться к сердечнику од-

[1] В нашей литературе вертикальный блок называют вертикалью. (*Примеч. перевод.*)

[2] В нашей литературе неподвижную контактную шину называют контактной струной. (*Примеч. перевод.*)

ного из двух выбирающих электромагнитов, предусмотренных для каждой горизонтальной рейки (на рис. 4.3— электромагнит *а*). При этом горизонтальная рейка будет поворачиваться в ту или в другую сторону в зависимости от того, какой из них включен. Соединитель с шестью горизонтальными рейками имеет 12 выбирающих электромагнитов. Каждый выбирающий электромагнит соответствует одному пакету пружин вертикали и является общим для всех одноименных пакетов пружин разных вертикалей одного МКС. При подаче питания в выбирающий электромагнит, а затем в удерживающий электромагнит вертикали произойдет замыкание контактов того пакета пружин, который расположен на пересечении соответствующего электромагнита горизонтального и вертикального рядов. Пружины пакета образуют контакт с неподвижными струнами МКС; этот контакт сохраняется до тех пор, пока не отпустит электромагнит вертикали, удерживающий соединение. Выбирающий электромагнит выполняет функции обеспечения фактического замыкания контактов; он отпускает сразу же вслед за срабатыванием удерживающего электромагнита.

Пакет пружин вертикали и выбирающий механизм показаны на рис. 4.4. Способ образования контакта

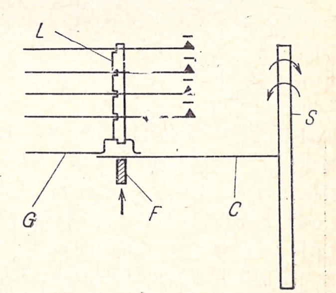


Рис. 4.4. **Разрез пакета пружин и выбирающего механизма МКС фирмы «Л. М. Эриксон»**

между пакетом пружин вертикали и неподвижными контактными струнами следующий. Каждая выбирающая горизонтальная рейка снабжена выбирающими пальцами, число которых равно числу вертикалей МКС. Если включен выбирающий электромагнит *S*, то рейка *1* поворачивается в одну сторону и выбирающие пальцы *C* занимают положение между удерживающей рейкой *F* и толкателем *L* первого пакета пружин. При включении удерживающего электромагнита удержива-

ющая рейка перемещается в сторону толкателя и рабочей пружины *G*. Форма рабочей пружины такова, что выбирающий палец зажимается удерживающей рейкой лишь тогда, когда начинается перемещение толкателя, в результате чего обеспечивается соединение контактных пружин данного пакета с контактными струнами.

После срабатывания удерживающего электромагнита выбирающий электромагнит может отпустить, а горизонтальная рейка — возвратиться в исходное положение. Вследствие упругости материала, из которого изготовлен выбирающий палец, освободившаяся рейка может быть использована для обеспечения соединений в других вертикалях. Если в тот момент, когда сработал удерживающий электромагнит, выбирающий палец не оказался непосредственно перед толкателем, то удерживающая рейка *F* западет в U-образное углубление рабочей пружины *G* и задействовать толкатель не сможет.

МИНИАТЮРНЫЕ КООРДИНАТНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ

В последнее время наметилась тенденция построения соединителей несколько меньших размеров, чем соединители обычного типа. К таким соединителям относятся соединители, разработанные в лабораториях фирмы «Белл» и занимающие лишь 49% объема обычных соединителей (они обеспечивают 240 точек коммутации), и, кроме того, соединители Японской национальной телефонной и телеграфной корпорации (NTT), объем которых составляет лишь 1/8 объема обычных соединителей с механической блокировкой. К двум другим типам соединителей относятся минисвитч Международной телефонной и телеграфной компании (ITT) и минисоединитель — минибар-свитч Северной электрической компании (Northern Electric).

Когда Северная электрическая компания (Канадский филиал Лабораторий Белла) приступила к разработке минибар-свитч, то было решено, что новый малогабаритный соединитель должен удовлетворять следующим требованиям:

1) обладать значительно бóльшим быстродействием, чем обычный МКС;

2) стоимость его в пересчете на одну точку коммутации не должна превышать стоимость обычного МКС;

3) быть электрически совместимым с обычным МКС;

4) иметь большую коммутационную емкость, что позволит уменьшить число типов МКС, которые необходимо изготовлять;

5) обеспечивать возможность увеличения емкости вертикального блока и приспособления к режиму работы в «три точки коммутации» (две трех- и одна шестипроводная);

6) обеспечивать более устойчивую работу и иметь более высокую надежность.

В результате исследовательских работ в Северной электрической компании был разработан шестипроводный соединитель типа 10×20, который обеспечил 260 шестипроводных точек коммутации. Контакты монтировались на 20 вертикальных блоках, причем каждый блок содержал по десять шестипроводных точек коммутации. Неподвижные контакты запараллеливались, создавая в каждом ветрикальном блоке возможность многократных соединений, а подвижные контакты выводились на полюса, создавая аналогичные соединения с помощью горизонталей. При работе минибар-свитч ведет себя так же, как типовой МКС. Под действием выбирающего магнита поворачивается соответствующая выбирающая рейка, которая продвигает в некоторую фиксированную позицию выбирающий палец, находящийся теперь в вертикальном блоке. Отпускание выбирающего магнита вызывает возвращение незахваченных пальцев в исходное положение; при этом палец задействованной контактной группы остается зажатым до тех пор, пока не отпустит удерживающий магнит, после чего контактная группа и выбирающий палец возвратятся в исходное положение. Результаты сравнения соединителя минибар-свитч с трехпроводной релейной матрицей и шестипроводным стандартным МКС приведены в табл. 4.1.

Соединитель минисвитч Международной корпорации по телефонии и телеграфии (ITT)[1] представляет собой миниатюрный МКС с новым принципом образования контакта. Каждый отдельный подвижной контакт состоит из плотно намотанного в виде спирали проводника, покрытого благородным металлом. Для образования мно-

[1] International Telephone and Telegraph Corp. — Международная корпорация по телефонии и телеграфии.

Таблица 4.1

Сравнение коммутаторов с металлическими контактами

Показатель в пересчете на точку коммутации	Типы коммутаторов		
	6-проводный минибар-свитч	3-проводный с язычковыми контактами	6-проводный стандартный «Кроссбар»
Стоимость	1,1—0,88	2,5	1
Объем	0,48—0,33	0,5	1
Масса	0,43—0,34	0,44	1
Время срабатывания	0,5	0,015	1

гократного соединения неподвижной контакт делается в виде разомкнутой спирали, причем намотка выполняется под прямым углом к спирали подвижного контакта.

При замыкании контакта замкнутая спираль подвижного контакта вставляется в разомкнутую спираль неподвижного контакта, в результате чего образуется двойной контакт. Соединитель позволяет реализовать 256 двухпроводных или 128 четырехпроводных точек коммутации. Хотя в силу разной емкости контактного

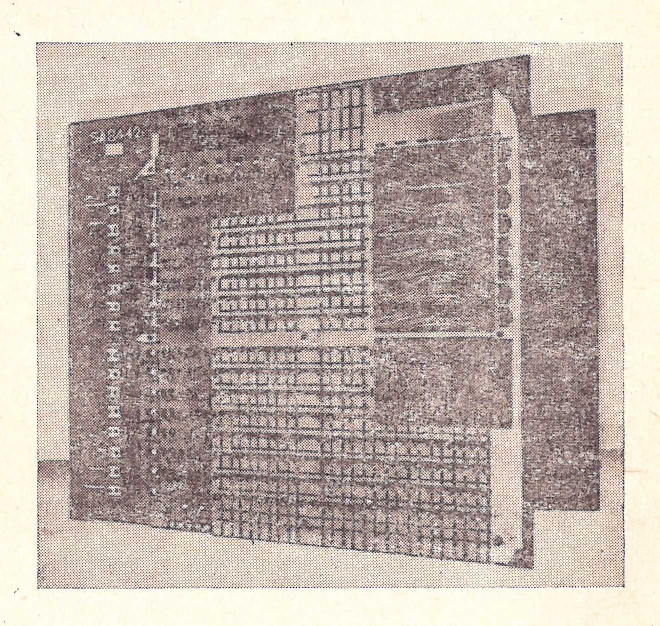


Рис. 4.5. Вид на внутреннюю часть минисвитча фирмы ITT

поля непосредственное сравнение минисвитча и обычного трехпроводного МКС провести трудно, тем не менее сравнение по массе и по габаритам показывает высокую степень достигнутой миниатюризации прибора. Например, масса обычного МКС составляет 44,75 фунтов (16,7 кг), при этом он занимает объем в 1450 кубических дюймов (23 671 см³); масса минисвитча составляет 2,8 фунта (1,045 кг), а объем — 80 кубических дюймов (1311 см³). Вид минисвитча с внутренней стороны показан на рис. 4.5.

КОДОВЫЙ КООРДИНАТНЫЙ СОЕДИНИТЕЛЬ

Другой подход к построению соединителей с целью уменьшения их размеров и массы был предложен фирмой «Л. М. Эрикссон» (L. M. Ericsson) при разработке кодового соединителя, в котором введены специальные кодовые линейки, осуществляющие выбор контактных групп подобно тому, как это делается в буквопечатающих устройствах. Многократные группы помещаются последовательно одна за другой, а кодовые линейки располагаются под ними. В этом существенное отличие конструкции кодового соединителя от МКС, в котором вертикальные блоки пересекаются горизонтальными выбирающими рейками, что затрудняет доступ к ним и обзор. В кодовом соединителе при установлении соединения вертикальные магниты получают кратковременные импульсы тока, а после замыкания контактов они выключаются. В результате этого достигается снижение расхода тока на станции, что в ряде случаев может явиться существенным фактором.

В кодовом соединителе используются V-образные контакты. Многократный соединитель построен из однопроводных контактных пружин, снабженных насадками из токопроводящего материала. При замыкании контактов насадки контактных пружин касаются каждая неподвижных V-образных контактных шин одновременно в двух точках, что обеспечивает двойной контакт. Проволочные контактные пружины позволяют получить контактную группу довольно малых размеров, однако вполне удобную для обзора и наблюдения. Неподвижные контактные пружины довольно эффективно самоочищаются и блокируются в выбранной позиции, образуя контакт с V-образным вырезом в неподвижной контактной шине.

По сравнению с обычным МКС кодовый соединитель вдвое ниже по высоте, имеет более чем втрое меньший объем и почти втрое меньшую массу.

ЯЗЫЧКОВЫЕ[1] РЕЛЕ

Язычковые реле благодаря высокому быстродействию получили распространение в качестве коммутационных приборов для коммутации разговорных цепей в электронных АТС. Кроме того, они обладают такими достоинствами, как малая потребляемая мощность и большая помехозащищенность от переходных разговоров. Герметизированный сухой язычковый контакт был разработан в Лабораториях Белла (Bell Labs.) с учетом применения его в системах телефонной коммутации, однако свое первое применение он нашел в коаксиальных кабелях. Разработка язычковых реле велась в двух основных направлениях: в первом случае капсула с язычками (контактами) наполнялась водородом, гелием, азотом или другими газами в зависимости от назначения контакта, а в другом случае — капсула с внутренней стороны покрывалась ртутью. Для отличия первый тип реле стали называть «сухими язычковыми реле».

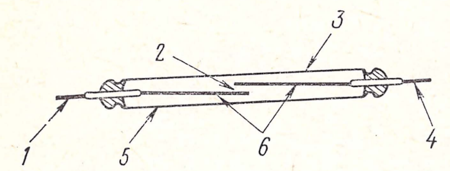


Рис. 4.6. Капсула сухого язычкового реле:

1, 4 — соединительный наконечник; 2 — разомкнутый контакт; 3 — наполнение газом; 5 — стеклянная колба; 6 — язычки—контактные пружины из магнитного сплава

На рис. 4.6 показано устройство простейшего сухого язычкового реле[2], а на рис. 4.7 — принцип работы языч-

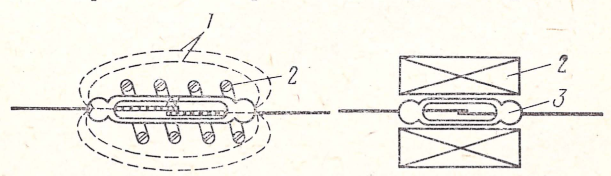


Рис. 4.7. Принцип работы язычкового переключателя:

1 — поток; 2 — обмотка; 3 — язычковый переключатель

[1] В нашей литературе иногда говорят о безъякорных или о герконовых реле. (*Примеч. перевод.*)

[2] Точнее здесь показано не само реле, а лишь его герметизированный контакт на замыкание — геркон. (*Примеч. перевод.*)

кового переключателя. Поток, создаваемый током, протекающим по обмотке реле, охватывает капсуль язычкового реле и управляет его работой. Одним из методов включения язычкового переключателя является пропускание тока по обмотке, намотанной на переключатель. Другой же метод предполагает создание магнитного поля в непосредственной близости от переключателя. Однако в каждом случае принцип действия реле остается одним и тем же. Язычковый переключатель намагничивается в осевом направлении под действием тока в катушке или же магнитного поля так, что пружины-язычки притягиваются друг к другу. Когда сила притяжения превзойдет силу упругости пружин-язычков, контакты замкнутся.

ФЕРРИДЫ ФИРМЫ «БЕЛЛ СИСТЕМ»

Стандартные размеры капсулы язычкового реле обычных размеров составляют 2,1×0,22 дюйма (5,33×0,56 см), в то время как миниатюрный язычковый переключатель имеет размеры 0,875×0,6 дюйма (2,22×1,37 см). Для использования в ферридах в Лабораториях Белла была разработана капсула промежуточных размеров 1,25×0,17 дюйма (3,17×0,43 см), показанная на рис. 4.8. Спроектированный для электронных систем коммутации как быстродействующий переключатель с малой потребляемой мощностью, феррид состоит из двух запаянных язычковых переключателей, которые замыкаются и размыкаются под действием двух расположенных рядом ремендюровых пластин. Ремендюр представляет собой магнитный материал — сплав железа, кобальта и ванадия — с прямоугольной петлей гистерезиса. Каждая пластина разделена в магнитном отношении на две независимые половинки с помощью шунтирующей пластины, выполненной из низкоуглеродистой стали, которая также служит для образования механической конструкции и сборки точек коммутации в различные матрицы из переключателей 8×8. Если обе половинки каждой пластины намагничиваются так, что магнитные поля последовательно складываются друг с другом, то магнитный поток замыкается через герметизированные язычки-пружины, вызывая тем самым замыкание контакта. Если же обе половинки пластины намагничиваются в обратном направлении, то магнитный поток, проходящий через межъязычковый про-

межуток, падает практически до нуля, и контакты размыкаются. Импульсы тока, поступающие в катушку, создают определенную намагниченность пластин, поэтому для поддержания замкнутого (или разомкнутого)

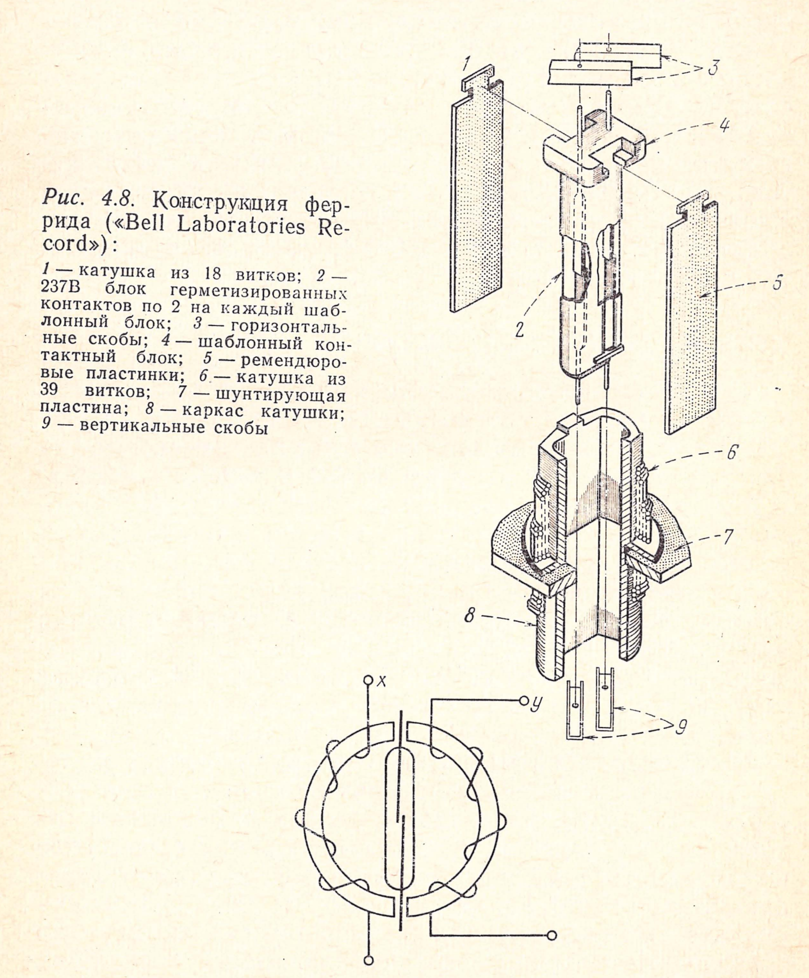


Рис. 4.8. Конструкция феррида («Bell Laboratories Record»):

1 — катушка из 18 витков; *2* — 237В блок герметизированных контактов по 2 на каждый шаблонный блок; *3* — горизонтальные скобы; *4* — шаблонный контактный блок; *5* — ремендюровые пластинки; *6* — катушка из 39 витков; *7* — шунтирующая пластина; *8* — каркас катушки; *9* — вертикальные скобы

состояния контакта дополнительного расхода энергии не требуется, за исключением лишь случая изменения этого состояния. В своих системах с электронной коммутацией и управлением по записанной программе (№ 1 и № 2 ESS) фирма «Белл Систем» использует ферридовые реле для коммутации разговорных цепей.

Однако при производстве ферридов требуются столь малые допуски, что нигде, кроме фирмы «Белл Систем», эти реле не нашли применения в электронных системах коммутации.

ОСОБЫЕ ЯЗЫЧКОВЫЕ РЕЛЕ

В других системах язычковые реле строятся с использованием обмотки, по которой протекает постоянный ток. Обычно язычковые реле являются быстродействующими приборами, время работы которых лежит в области нескольких миллисекунд. Если время срабатывания ферридов составляет 200—500 мкс, то среднее время срабатывания язычкового реле с контактом на замыкание составляет 1—4 мс, а время срабатывания язычкового реле с контактом на размыкание — менее 1 мс.

Хотя миниатюрный МКС и соединитель на язычковых реле во многих аспектах равноценны, тем не менее некоторые специалисты считают, что бо́льшая скорость коммутации, бо́льшая ширина полосы пропускания частот, лучшие характеристики защищенности от переходных разговоров делают язычковые реле более предпочтительными для использования в будущих системах. С другой стороны, миниатюрные МКС имеют много элементов, которые можно унифицировать и широко использовать не только в электронных станциях с записанной программой, но также и в электромеханических системах и в системах с замонтированной логикой.

В зависимости от числа проводов, которые нужно коммутировать при установлении одного соединения, в одном коммутационном блоке собирается группа из двух или более язычковых контактов. В свою очередь, отдельные коммутационные блоки собираются в коммутационные матрицы, подобные рассмотренной выше ферридовой матрице 8×8, и таким образом формируется многократный соединитель.

РЕАЛИЗАЦИЯ ТОЧЕК КОММУТАЦИИ НА ТВЕРДОТЕЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

Оказалось, что при реализации точек коммутации на полупроводниковых элементах удается коммутировать лишь маломощные сигналы; при этом сигнал претерпевает большое затухание, а стоимость реализации оказывается высокой. Поэтому такие коммутационные

приборы нашли очень ограниченное применение в системах коммутации современных АТС. В качестве одного из примеров применения этих приборов можно привести систему 2750 фирмы IBM. Эта фирма производила эксперименты с транзисторами, включая даже FET, и пришла к заключению, что управляемые кремниевые выпрямители (тиристоры) вполне пригодны для использования их в качестве прибора коммутации в учрежденческих АТС, предназначенных для обработки как речевой информации, так и данных.

Относительно функций коммутации каналов было решено, что точка коммутации должна иметь два устойчивых состояния («включена» и «выключена») и значительно более высокое полное сопротивление в состоянии «выключено» по отношению к полному сопротивлению в состоянии «включено». Поскольку сопротивление в состоянии «выключено» носит в основном емкостный характер, то именно это сопротивление и определяет для данной системы ширину полосы пропускания частот сигналов. Добротность по шуму такой точки коммутации определяется отношением полного сопротивления прибора в состоянии «выключено» к активному сопротивлению прибора в спектре звуковых частот. Точка коммутации должна обладать характеристикой типа «защелки», т. е., будучи один раз включенной, она должна сохранять свое состояние и после того, как пропадает сигнал ее включения. Выдвигались и другие требования к точке коммутации, а именно: запуск схемы токовыми импульсами, блокировка схемы по току, чувствительность к помехам, максимальное напряжение в состоянии «выключено», скорость переключения при срабатывании (включении) и при отпускании (выключении). Кроме того, требовалась такая структура точки коммутации, которая позволяла бы легко приспосабливаться к матричным структурам; при этом схема выборки точки коммутации должна была быть изолированной от цепей передачи основных сигналов.

Каждая точка коммутации, используемая в коммутационных схемах, состоит из трех элементов, размещенных на одном кристалле кремния: управляемого кремниевого выпрямителя (SCR), напыленного резистора и избирательного диода. Управляемый кремниевый выпрямитель имеет нелинейную характеристику с двумя устойчивыми состояниями. В состоянии «включено»

между анодом и катодом создается низкое полное динамическое сопротивление, чем обеспечивается высокая пропускная способность по току. В состоянии «выключено» создается высокое полное сопротивление на звуковых частотах с точкой пробоя по напряжению свыше 35 В. Основная рабочая характеристика SCR показана на рис. 4.9. Для интеграции трех упомянутых вы-

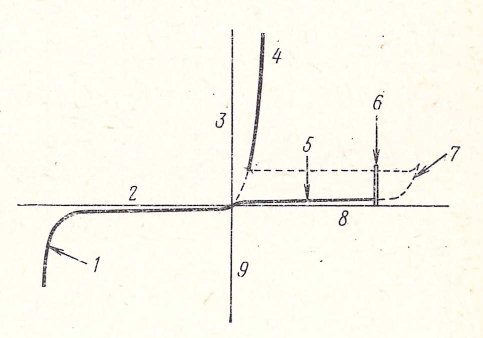


Рис. 4.9. Работа базового элемента SCR:

1 — обратный лавинный пробой; *2* — обратное напряжение; *3* — прямой ток; *4* — прямое проводящее состояние; *5* — состояние прямой блокировки; *6* — импульс переключения; *7* — прямое напряжение разрыва; *8* — прямое напряжение; *9* — обратный ток

ше элементов на одном кремниевом кристалле применяется планарная эпитаксиальная технология, которая позволяет увеличить их надежность за счет минимизации числа физических выходов. На подложке четыре кристалла собираются в четыре блочка со структурой типа 1×2. Подложка помещается в микромодуль (размером 0,5×0,5 дюйма, или 1,27×1,27 см) с 16 выводами. Бóльшая по размеру матрица получается путем размещения до 16 модулей на печатной плате (размером 3×3 дюйма, или 7,62×7,62 см), которая является, по существу, самым малым типовым элементом замены в коммутационной схеме.

Точка коммутации упомянутого выше типа показана на рис. 4.10, а матричная структура, построенная из

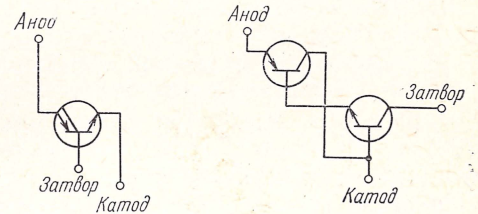


Рис. 4.10. Схема элемента SCR, эквивалентная работе двух транзисторов

таких точек коммутации, показана на рис. 4.11. Скорости переключения этих приборов значительно выше

тех, которые могут потребоваться при использовании их в системах коммутации каналов.

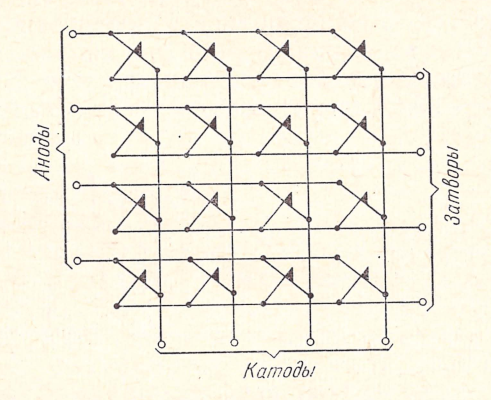


Рис. 4.11. Коммутатор, построенный на элементах SCR

Типовые значения времен срабатывания и отпускания лежат в диапазоне от 0,3 до 0,7 мкс; они могут изменяться путем накопления заряда.

ИСКАТЕЛИ, УПРАВЛЯЕМЫЕ РЕЛЕ, И ИСКАТЕЛИ, ПРИВОДИМЫЕ В ДВИЖЕНИЕ МОТОРОМ

Бо́льшую часть телефонов мира продолжают обслуживать коммутационные системы, построенные на искателях, либо управляемых реле, либо приводимых в движение электродвигателем (мотором). Хотя маловероятно, что инженеру придется проектировать новые варианты таких систем, тем не менее нужно иметь в виду, что ежегодно вводится в действие значительное количество такого оборудования, особенно для станций емкостью меньше 2000 линий, а также часто требуется быстро увеличить емкость станций за счет применения таких приборов. Основной тип коммутационного прибора, управляемого реле,— это искатель типа Строуджер, который был изобретен Элмонном Б. Строуджером в 1889 г. Приборы Строуджера использовались на телефонных станциях, построенных на шаговом принципе. Основные типы искателей с круговым движением, которые приводятся в движение мотором, следующие: искатель серии 7 фирмы ITT, моторный искатель EMD фирмы «Сименс» и фирмы ITT, 500-линейный искатель

фирмы «Л. М. Эрикссон». Коммутационные приборы, приводимые в движение мотором, используются в системах АТС типа ротари, которые впервые были введены в эксплуатацию в 1920 г.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ИСКАТЕЛЯ СТРОУДЖЕРА

Искатель Строуджера (рис. 4.12) является основным коммутационным прибором в шаговых коммута-

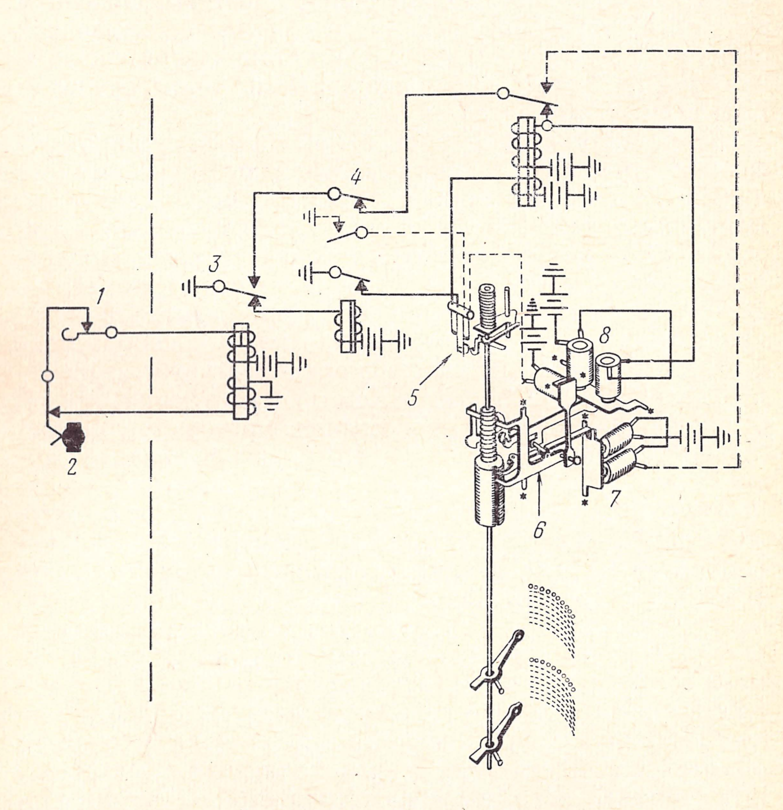


Рис. 4.12. Основные элементы искателя Строуджера (GTE Automatic Electric Labs, Inc.):

1 — рычажный переключатель; *2* — контактные пружины, используемые для передачи импульсов набора номера; *3* — импульсное реле; *4* — удерживающее реле; *5* — вертикальные нормально разомкнутые пружины; *6* — двойная собачка; *7* — электромагнит вращения; *8* — электромагнит подъема; ✻ — ось вращения.

Условные обозначения цепей электромагнитов:

———————— электромагнит подъема;

— — — — электромагнит вращения;

– – – – – – электромагнит возврата в исходное состояние

ционных системах. Он выбирает одну из 100 возможных линий. Контактное поле состоит из десяти уровней по десять контактов на каждом уровне. Выбор любого одного из 100 контактов осуществляется путем продвижения щеток искателя вверх последовательно шаг за шагом до требуемого уровня и последующего вращения их до достижения требуемого контакта. В обычной шаговой системе импульсы набора номера используются для управления последовательно по шагам движением искателей, установленных на центральной телефонной станции, и в конечном счете для установления соединения между телефонными аппаратами вызывающих и вызываемых абонентов.

Если вызывающий абонент поднимает микротелефонную трубку, то рычажный переключатель замыкает линейную цепь, и начинает работать импульсное реле. Импульсное реле запускает удерживающее реле, которое, в свою очередь, включает серийное реле. Предположим, что вызывающий абонент набирает номер 45. Для этого он сначала набирает цифру четыре. Номеронабиратель последовательно размыкает линейную цепь 4 раза. На импульсы набора номера реагирует импульсное реле, которое является быстродействующим. В течение каждого импульса номеронабиратель размыкает линейную цепь примерно на 1/6 с, что приводит к отпусканию импульсного реле. Однако несмотря на то что импульсное реле отпускает и размыкает цепь удерживающего реле, последнее не отпускает, поскольку оно имеет медную втулку, с помощью которой удается задержать его отпускание почти на 1/3 с. Таким образом, удерживающее реле остается в рабочем состоянии до тех пор, пока не прекратятся импульсы набора номера и вновь не сработает импульсное реле. Каждый раз, когда импульсное реле возвращается в свое исходное состояние, оно посылает импульс тока в одну из обмоток серийного реле и параллельно в электромагнит вертикального движения (подъема). При первичном импульсе, поступающем в электромагнит подъема, происходит переключение нормально разомкнутых вертикальных контактных пружин, которые размыкают цепь второй обмотки серийного реле. Однако импульсное реле продолжает пульсировать через первую обмотку серийного реле и индуцированные во втулке серийного реле токи позволяют удержать серийное реле в рабочем состоянии на протяжении всего периода

следования импульсов набора номера (в данном примере в течение четырех импульсов). Поступление четырех импульсов в электромагнит подъема приводит к тому, что контактные щетки оказываются на четвертом уровне контактного поля. После последнего импульса соответствующие контактные пружины в номеронабирателе, обеспечивающие передачу импульсов, остаются замкнутыми; кроме того, остается в рабочем состоянии импульсное реле и затем уже примерно через 1/10 с возвращается в исходное состояние серийное реле.

После отпускания серийного реле вызывающий абонент набирает цифру пять, номеронабиратель его аппарата размыкает линейную цепь 5 раз, импульсное реле 5 раз возвращается в исходное состояние и посылает пять импульсов тока в электромагнит, обеспечивающий круговое движение искателя последовательно по шагам (электромагнит вращения). Это приводит к повороту оси и контактных щеток искателя к линии № 45.

Если разговор закончен и соединения более не требуется, вызывающий абонент кладет трубку и линейная цепь замыкается на длительный период времени, что достигается с помощью рычажного переключателя. Импульсное реле тотчас же возвращается в исходное состояние и размыкает цепь удерживающего реле. Втулка удерживающего реле позволяет задержать его отпускание на 1/3 с, а затем и оно возвращается в исходное состояние. Если импульсное реле реагирует на импульсы набора номера, то удерживающее реле реагирует на положение рычажного переключателя. Другими словами, удерживающее реле отличает кратковременные размыкания цепи (т. е. импульсы набора номера) от продолжительного размыкания цепи (т. е. сигналов рычажного переключателя). После отпускания удерживающего реле замыкается цепь электромагнита отпускания. Якорь электромагнита отпускания выдергивает зуб двойной собачки, который удерживал ось и контактные щетки в установленном положении. Винтообразная пружина в верхней части оси поворачивает ее и контактные щетки в обратном направлении. Затем под действием силы тяжести ось искателя возвращается в свое исходное состояние. Надставка на оси замыкает нормально разомкнутые контакты, которые размыкают цепь электромагнита отпускания.

На рис. 4.13 показан типовой искатель Строуджера, изготавливаемый Автоматической электрической корпо-

рацией (Automatic Electric, Inc.), субсидируемой Общей телефонной и электронной корпорацией (General Telephone and Electronics Corp.).

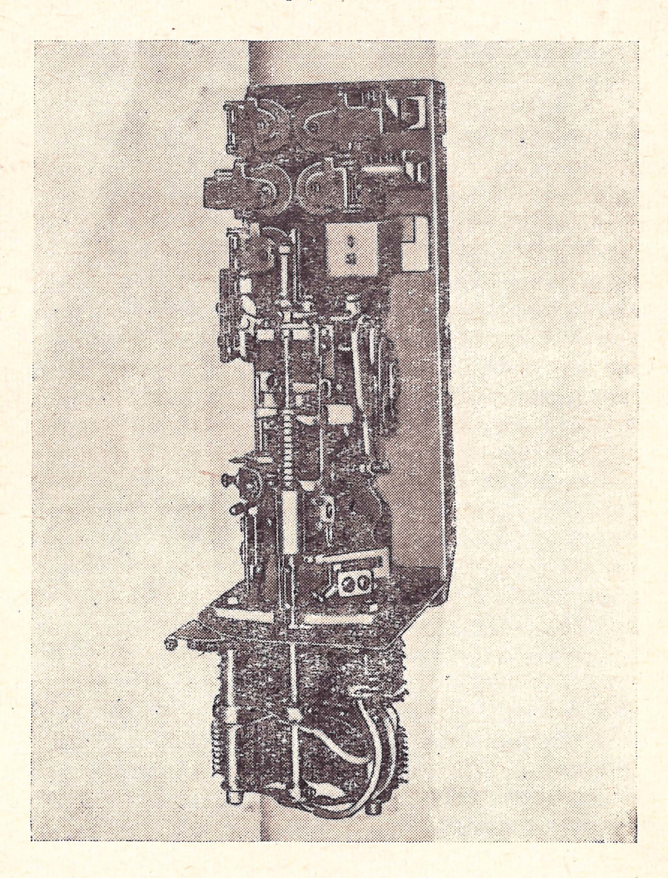


Рис. 4.13. Внешний вид искателя типа «Строуджер», используемого в шаговых системах (Automatic Elektrik, Inc.)

ИСКАТЕЛЬ С ОДНИМ ВРАЩАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ СЕРИИ 7

В искателе типа ротари серии 7 Международной телефонной и телеграфной компании (ITT) контактные щетки монтируются на щеточной каретке, которая вращается по часовой стрелке и устанавливает щетки против соответствующих линий контактного поля. На ка-

ретке размещается десять комплектов щеток, которые при вращении каретки не соприкасаются с контактами поля. Механизм образования контакта таков, что щетки выбранного комплекта будут соединяться с контактами поля лишь после окончания вращения и остановки каретки. Устройство выбора щеток носит название щетковыбирателя. Щетковыбиратель имеет десять групп кулачков. После установки их в определенной позиции, определяемой углом, на который повернулась ось щетковыбирателя, один из группы кулачков воздействует на соответствующий ему комплект щеток, что равноценно выбору группы линий, в которой находится требуемая линия абонента. Далее с помощью гибких зубчатых передач, насаженных на вертикальную ось, которая приводится в непрерывное вращение электромотором, приводится в движение каретка со щетками. В результате вращения каретки выбирается требуемая линия в данной группе. Общий вид искателя последней

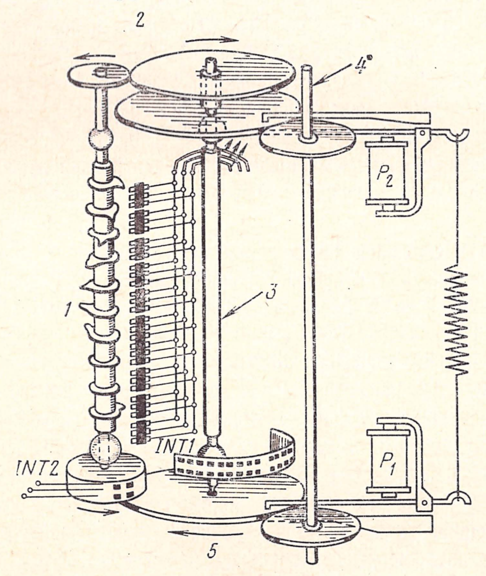


Рис. 4.14. Разрез искателя типа ротари серии 7А, используемого на ступени линейного искания (ITT — International Telephone and Telegraph Corp.):

1 — кулачки щетковыбирателя; 2 — зубчатая передача для приведения в движение оси щетковыбирателя; 3 — щеточная каретка; 4 — вал, приводимый во вращение мотором; 5 — система передач для приведения в движение щеточной каретки

ступени искания системы ротари 7А показан на рис. 4.14. Искатели с первой по четвертую ступени группового искания точно такие же, как и описанный, за исключением распределителя INT1, который в них отсутствует.

Описываемый искатель имеет два управляющих электромагнита, один из которых управляет сцеплением и расцеплением зубчатых передач оси щетковыбирателя, а другой — выполняет те же функции, но в отношении зубчатых передач каретки. Вращение оси щетковыбирателя происходит по часовой стрелке, и каждый ее поворот на 30 градусов называется шагом. Скорость вращения составляет 14 шагов в секунду, при этом на каждом шаге тот или иной кулачок воздействует на соответствующий комплект щеток. Распределитель INT2, насаженный на ось щетковыбирателя, создает обратные импульсы, которые принимаются и подсчитываются регистром. Работа искателя типа ротари построена так, что при вращении оси щетковыбирателя выбирается некоторая группа линий, а при вращении каретки — отдельная линия в выбранной группе. Такой процесс искания соответствует тому, который имеет место в групповых искателях. Искатели последней ступени искания выбирают линию в соответствии с цифрами десятков и единиц и тем самым завершают соединение с требуемой линией абонента.

МОТОРНЫЙ ИСКАТЕЛЬ EMD

Выяснив, что для разговорных цепей в коммутационных системах типа ротари целесообразно применять контакты из благородных металлов, компания «Сименс» из Западной Германии в 1955 г. ввела в эксплуатацию моторные искатели EMD[1]. Этот коммутационный прибор обладает целым рядом преимуществ по сравнению с другими искателями. В нем отсутствует скольжение контактных щеток по ламелям в период кругового движения искателя; искатель работает таким образом, что исключает возможность дребезга контактов; скорость вращения щеток искателя достаточно высока даже по сравнению с другими приборами, приводимыми в дви-

---

[1] EMD — это сокращенное название Edelmetall Motor-Drehwahler, которое переводится как моторный искатель с одним вращательным движением и контактами из благородных металлов. (*Примеч. перевод.*)

жение механическим способом. Первое свойство искателя обеспечивается особым устройством щеток, заключающимся в том, что контакт между щетками и ламелями образуется лишь после того, как прекратится движение щеток. При остановке щеток включается электромагнит, который с помощью специального рычага прижимает их к соответствующим ламелям контактного поля. Внешний вид моторного искателя EMD показан на рис. 4.15 (здесь показаны два магнита, которые

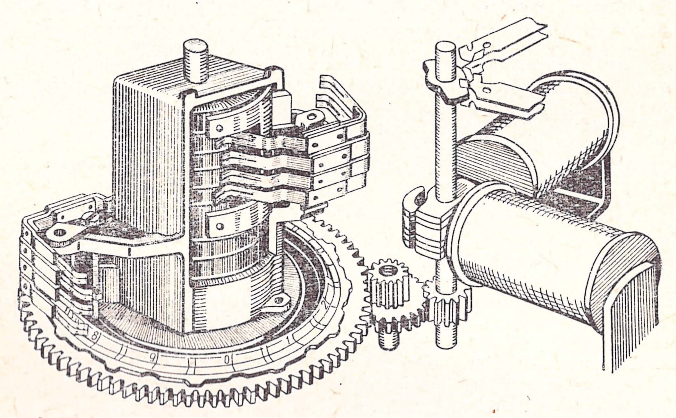


Рис. 4.15. Моторный искатель с одним круговым движением щеток

позволяют останавливать искатель без вибрации и управлять его вращением). Если через определенные интервалы времени в обе катушки электромагнитов попеременно подается ток, то Z-образный якорь обеспечивает непрерывное, без толчков, вращательное движение. Если же питание подано одновременно в оба электромагнита, то движение прекратится, причем без механической защелки и без вибрации. Моторный искатель имеет всего 112 выходов, он вращается с такой высокой скоростью, что проходит от 140 до 160 выходов в секунду. Это означает, что в течение одного импульса набора номера или в пределах 100 мс он проходит одну декаду контактов.

Обычно в моторных искателях EMD для коммутации разговорных цепей используют серебряно-палладиевые контакты, а для управляющих цепей — серебряные. Эти контакты не покрываются оксидированной пленкой, поэтому сопротивление контактов сохраняется минималь-

ным. Кроме того, они обладают достаточной упругостью, что удовлетворяет поставленным требованиям в отношении контактного давления контактов разговорных цепей, максимальное значение которого составляет 3,92 МПа. В моторных искателях EMD контактные щетки несколько отличаются от ножевого типа щеток, используемых в обычных шаговых или машинных искателях. Их округлая форма помогает значительно уменьшить износ щеток и ламелей контактного поля. Искатели, имеющие четыре контактные щетки (как это видно из рис. 4.15), обычно используются на местных телефонных сетях, а искатели, имеющие восемь щеток, — на междугородных сетях.

500-ЛИНЕЙНЫЙ ИСКАТЕЛЬ ФИРМЫ «Л. М. ЭРИКССОН»[1]

К числу коммутационных приборов с круговым движением щеток относится и 500-линейный искатель фирмы «Л. М. Эрикссон». Как видно из рис. 4.16, искатель совершает два движения: круговое и радиальное. Контактное поле искателя состоит из 25 рам. В состав механизма искателя входит диск, вращающийся вокруг оси; на диске установлена рейка со щетками, которая может совершать поступательное (радиальное) движение. При круговом движении диска (совместно с рейкой со щетками) выбирается определенная рама; каждая рама содержит 60 голых проводов, что соответствует 20 трехпроводным линиям (*a, b, c*). В результате радиального движения рейки со щетками она входит в раму и щетки рейки образуют контакт с проводами данной рамы. Оба движения искатель совершает в горизонтальной плоскости. Это позволяет устанавливать искатели друг над другом на вертикальном стативе. На каждом стативе установлен постоянно вращающийся вал, на котором для каждого искателя предусмотрены две шестеренки, насаженные на вал. Это шестеренки прямого и обратного хода искателя. Сцепление искателя с шестеренками постоянно вращающегося вала происходит с помощью промежуточного валика, установленного на плате основания искателя. Движение промежуточного валика передается диску искателя через зубчатое кольцо. Управление круговым движением искателя осуществляется с помощью электромагнита вра-

[1] Аналогичный 500-линейный машинный искатель выпускался заводом «Красная заря». (*Примеч. перевод.*)

щения. Во время кругового движения диск искателя не застопорен и совершает свободное вращение совместно с рейкой. Движение продолжается до тех пор, пока не

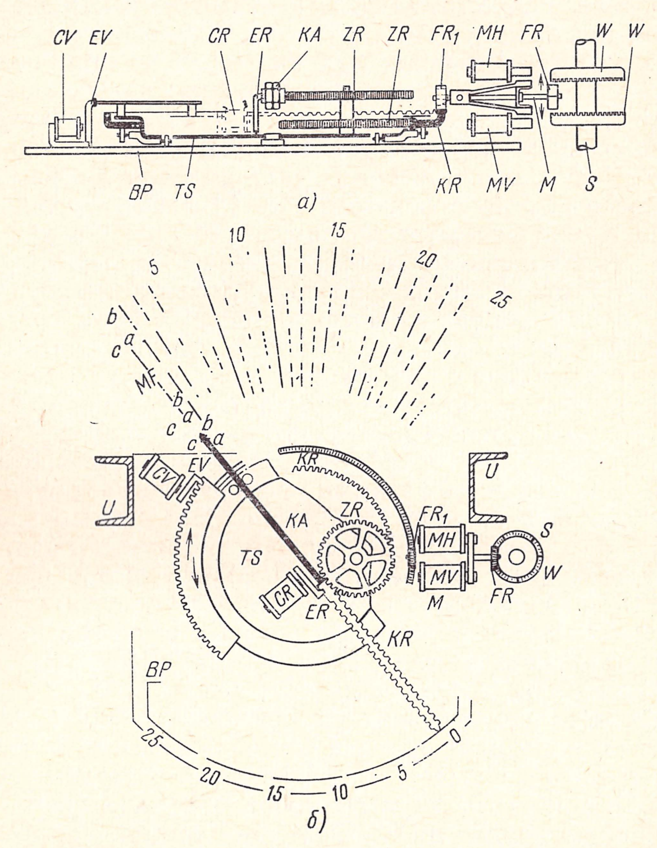


Рис. 4.16. 500-линейный искатель фирмы «Л. М. Эрикссон»:

а — вид сбоку; *б* — вид сверху;

a — щетка и *a* — провод многопроводной рамы; *b* — щетка и *b* — провод многопроводной рамы; *c* — щетка и *c* — провод многопроводной рамы; *BP* — плата основания; *CR* — центральный электромагнит радиального движения; *CV* — центральный электромагнит кругового движения; *ER* — стопор рейки; *EV* — стопор диска; *FR* — шестеренки промежуточного валика; *KA* — рейка со щетками; *KR* — зубчатое кольцо; *M* — ось искателя; *MF* — многократное поле искателя (показана только одна рама); *MV* и *MH* — сцепляющие электромагниты прямого и обратного хода искателя; *S* — вертикальный вал, постоянно вращаемый мотором; *TS* — диск; *U* — основание; *W* — зубчатая передача; *ZR* — шестеренка искателя

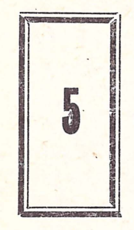
будет найдена требуемая рама. После этого отпускает электромагнит кругового движения и диск фиксирует-

ся в данном положении. Далее срабатывает электромагнит радиального движения, снимается стопор рейки со щетками и она подготавливается к радиальному движению. Рейка приводится в движение таким же образом, как и диск — от постоянно вращающегося вала, через систему зубчатых передач, включающих шестеренки промежуточного валика, зубчатое кольцо, шестеренку диска искателя и зубчатую рейку, являющуюся продолжением рейки со щетками. При этом обеспечивается продвижение рейки со щетками в глубь рамы.

Поскольку поле искателя имеет недесятичное построение — оно содержит 25 рам по 20 линий в каждой раме, то осуществить непосредственное управление искателем от номеронабирателя абонента не удается. Десятичный номер, набираемый абонентом, в соответствующем коде поступает в регистр, где пересчитывается в соответствии с нумерацией поля искателя. Однако регистр сам не посылает новую информацию в искатель, он лишь принимает обратные импульсы от искателя, подсчитывает их и сопоставляет с этой информацией, определяя тем самым момент, когда движение искателя должно быть закончено. Этот момент наступает тогда, когда число принятых регистром обратных импульсов будет соответствовать номеру выбранной рамы. И вращающийся диск, и рейка со щетками снабжены собачками, с помощью которых во время каждого шага искателя замыкаются группы пружин и передается в регистр информация.

Системы коммутации, построенные на 500-линейных искателях, находят применение на городских телефонных сетях в качестве станций большой и средней емкостей. Кроме того, их используют и в качестве малых станций емкостью до 500 номеров. Причем, проектируя телефонные станции на машинных 500-линейных искателях, удается значительно снизить объем оборудования за счет того, что требуется значительно меньшее число искателей. При организации межстанционной связи вызовы проходят дополнительную ступень группового искания, в то же самое время внутристанционные вызовы проходят только одну ступень группового искания, после чего попадают на ступень линейного искания, где осуществляется поиск требуемой линии в группе из 500 линий. На станциях сверхбольшой емкости — порядка 60 000 номеров первые 20 рам на ступени группового искания могут быть использованы для вклю-

чения 10 000 местных линий, а остальные пять — с 21 по 25 — для включения десятитысячных групп абонентских линий. При таком построении любой вызов будет проходить только через две ступени искания.



5 Методы сигнализации и управления

При изучении методов сигнализации и управления часть системы связи, относящуюся к сигнализации, следует рассматривать отдельно. Однако необходимо учитывать, что средства передачи используются для передачи как сигнальной информации, так и других видов информации. В течение долгого времени было принято называть входы системы, которые не использовались для передачи сигнализации, «речевыми» или «разговорными», однако уже сегодня все большее число входов системы коммутации отводится для передачи данных, поступающих от ЭВМ, для передачи видео-, факсимильной и Телекс-информации. Исходя из этого, более приемлемым представляется термин «сообщение» для обозначения иной, не управляющей информации, которая поступает на входы системы коммутации. Тогда можно считать, что система коммутации получает информацию от двух разных источников: датчика сигналов S и датчика сообщений M (рис. 5.1). Каждый из них может включать ряд приборов, обеспечивающих передачу информации в обоих направлениях, т. е. датчик может как принимать, так и передавать информацию. Следовательно, их можно обозначать как устройства приема — передачи, или условно rt-устройства. Сигнальная информация и информация, содержащаяся в сообщении, поступает от абонента по абонентской линии в первую точку системы коммутации, которая отмечена на рисунке

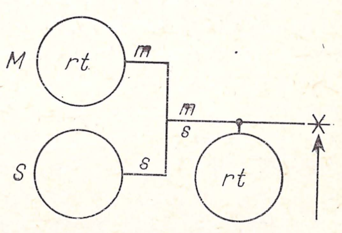


Рис. 5.1. Датчики сигналов и сообщений в системах электросвязи

звездочкой. Стрелка на рисунке указывает на то, что эта точка управляемая.

Системы управления коммутацией, используемые в системах электросвязи, различаются по сложности: от просто сложных до чрезвычайно сложных. В данной книге предпринята попытка рассмотреть различные типы систем управления с функциональной точки зрения, не внося излишних усложнений. Метод описания, которого мы будем придерживаться, впервые был предложен Т. Н. Флауэрсом из Британского ведомства связи. В соответствии с этим методом все основные части телефонной станции можно разделить на: приемные (*r*); приемные и передающие (*rt*); приемные, обрабатывающие информацию, и передающие (*rpt*). Кроме того, имеются: переключатель с произвольной выборкой (*ra*), переключатели с доступом к передаче (*a—s*), переключатели с доступом к приему (*ar*), другие типы устройств (*ow*). К сожалению, если использовать только эти обозначения, то не удается определить некоторые устройства в силу их более общего назначения (регистры, маркеры и центральные процессоры). Поэтому в дальнейшем, если того потребует ясность изложения, будут использованы оба вида обозначений и наименований функциональных блоков системы.

ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ

Термин «обработка», или «обработка данных», получил широкое распространение в литературе по ЭВМ. Кроме того, термины «обработка» и «центральный процессор» используются в тех случаях, когда речь идет об электронных телефонных станциях, на которых при организации управления системами коммутации применяют методы, используемые в системах ЭВМ. Если учесть, что термин «обработка» ранее не использовался при описании работы неэлектронных станций, то можно было бы предположить, что такие станции в своих устройствах управления не реализовывали функций обработки информации. Однако в любой системе коммутации в электросвязи команды управления вырабатываются на основе инструкций, получаемых в виде сигналов, поступающих от абонента по местным абонентским линиям, и на основе инструкций, предусмотренных телефонной компанией, эксплуатирующей эту станцию. Выработка таких управляющих команд на основе сигналов от абонента и хранимой на станции ин-

формации есть тоже обработка информации независимо от того, какой тип системы коммутации используется на станции. Выработка команд управления сводится к выполнению некоторых логических операций, которые реализуются на логических переключателях. Любое устройство станции, которое включает логические переключатели, называют процессором. Если рассматривать системы коммутации в электросвязи под таким углом зрения, то видно, что все они независимо от того, как реализовано их управление — на электромеханических или на электронных элементах, предполагают выполнение функции обработки информации в той или иной части системы. Работу любого типа станции можно легко понять, если знать функции обработки информации, которые выполняются на станции. В действительности, все типы станций, в которые включены телефонные аппараты с дисковым номеронабирателем, обязательно содержат цифровые процессоры, особенно, если учесть, что токовые сигналы, генерируемые с помощью такого номеронабирателя, являются по своему характеру цифровыми сигналами.

Способы реализации функций обработки информации на электромеханических и электронных станциях существенно различаются; кроме того, различны и схемные элементы, которые используются в этих системах. Однако основное назначение устройств обработки информации во всех системах остается одним и тем же: сформировать команды на установление соединений и команды на их разъединение, т. е. на разрушение соединительных путей, используемых для передачи сообщений.

ВИДЫ УПРАВЛЕНИЯ

Системы управления, используемые на телефонных станциях делятся на системы с:

1) непосредственным управлением (которое также называют последовательным)[1];

---

[1] В нашей литературе, исходя из способа восприятия на станции управляющей информации от абонента и способа установления соединения, различают непосредственное управление с прямым и обходным соединениями, а также косвенное управление с прямым и обходным соединениями. В соответствии с этим классификация Хоббса имеет вид: 1) непосредственное управление с прямым соединением; 2) общее управление: а) косвенное управление с прямым соединением; б) косвенное управление с обходным соединением. *(Примеч. перевод).*

2) общим управлением:

а) регистровое последовательное управление,

б) регистровое маркерное управление;

3) общим управлением по записанной программе.

Методы управления, используемые на телефонной станции, в некоторой степени связаны с типом применяемой коммутационной схемы. Непосредственное управление обычно связывают только с системами коммутации последовательного типа и, главным образом, с шаговыми системами (системами Строуджера), хотя в общем случае оно применимо и к некоторым системам типа ротари. Последовательное регистровое управление применялось в тех шаговых системах, в которые вводились регистры-передатчики и директоры, однако обычно оно использовалось в машинных и панельных системах коммутации. Последние две системы содержат регистры, в которых происходит предварительная запись цифровой информации о номере, переданной с помощью номеронабирателя, а затем уже происходят обработка этой информации и выработка сигналов для управления коммутационными приборами в коммутационной схеме. В некоторых машинных системах, помимо регистрового последовательного управления, применяют операции маркирования. Однако в полной мере регистры и маркеры стали использоваться в устройствах управления координатными системами коммутации и в устройствах управления тех электронных систем коммутации, которые используют замонтированную логику.

Принцип общего управления по записанной программе нашел применение только в электронных системах коммутации. Следует заметить, что сама коммутационная схема в этих системах может быть реализована на язычковых реле, на координатных соединителях различных типов, а также на электронных коммутационных элементах. Кроме того, в системах коммутации с общим управлением по записанной программе может осуществляться либо коммутация разделенных в пространстве каналов, либо коммутация разделенных во времени каналов, которую иногда называют компьютеризированной коммутацией.

В зависимости от способа управления сами системы управления могут быть построены на машинных искателях, реле, соединителях или на множестве различных электронных переключательных элементов.

Построение процессоров всех систем с общим управлением зависит от применения того или иного типа памяти — ЗУ. Устройства памяти могут быть различными, начиная от устройств памяти на электромеханических реле в неэлектронных системах, кончая самыми сложными системами памяти, такими же, как в ЭВМ, которые используются в системах общего управления по записанной программе.

НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

Используя обозначения Флауэрса, систему непосредственного управления на телефонной станции можно представить так, как показано на рис. 5.2. Заметим,

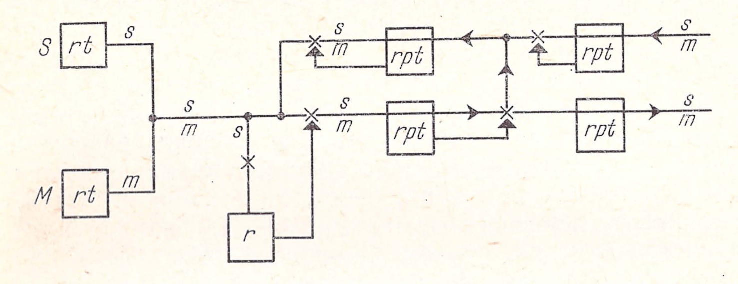


Рис. 5.2. Основные операции, выполняемые системами с непосредственным управлением (IEE — Conference Publications, № 52)

что, хотя устройства приема—обработки—передачи информации показаны на рис. 5.1 как отдельные устройства, на самом деле они все сосредоточены в едином коммутационном механизме. В шаговых системах устройства управления искaнием в искателях Строуджера реагируют непосредственно на импульсы, которые поступают из аппарата абонента при наборе номера. Все цифры списочного номера вызываемого абонента, кроме двух последних, по мере их поступления из аппарата вызывающего абонента воздействуют на групповые искатели шаговой системы. Последние две передаваемые цифры номера служат для управления работой линейного (оконечного) искателя.

Фактически же в шаговых системах используются два различных варианта построения системы, соответствующих приведенному выше упрощенному описанию

работы системы. Как будет показано ниже, линия абонента может быть подключена к групповым искателям либо с помощью предыскателя, либо с помощью искателя вызовов. Каждый из них имеет непосредственное управление.

В системах с прямым предысканием схемы, выполняющие функции обслуживания линий[1], принимают сигналы вызова от вызывающего абонента и извещают об этом индивидуальное устройство управления, связанное с предыскателем. Это устройство управления запускает искатель в работу с целью отыскания первого свободного выхода и отключает сигнал внимания[2]. В системах с обратным предысканием с использованием искателя вызова определенный искатель не закрепляется индивидуально за определенной абонентской линией. Здесь скорее используется способ общего управления. Функции обслуживания всех линий, связанных с одной группой искателей вызовов, сосредоточиваются в одном устройстве. В этом случае по сигналу вызова включается в работу схема управления, которая осуществит выбор искателя вызова и непосредственно или через индивидуальное устройство управления искателем включит в работу искатель вызова, который отыскивает отмеченную (маркированную) линию вызывающего абонента, причем маркировка этой линии производится из схемы абонентского комплекта.

Рассмотренные вопросы построения системы с прямым и обратным предысканием полностью не отражают принципов непосредственного управления, однако показывают, что даже в действующих шаговых системах имеются элементы общего управления, которыми пренебрегать нельзя. На рис. 5.3 показаны схемы систем с прямым и обратным предысканием.

Иногда непосредственное управление называют распределенным. Основанием к такому определению послужило то, что в этих системах устройства управления искателями распределены по всей системе. Легко видеть, что такое распределенное управление является неэффективным, поскольку при этом устройства управ-

---

[1] В нашей литературе эти схемы, закрепленные за каждой абонентской линией, называют абонентскими комплектами. (*Примеч. перевод.*)

[2] Так называет автор сигналы, которые возникают на станции при поступлении вызова от абонента. Снятие сигнала внимания не означает снятия сигнала вызова от абонента. (*Примеч. перевод.*)

ления оказываются занятыми в течение всего времени существования соединения, хотя фактически они работают всего лишь одну или две секунды в начале обслу-

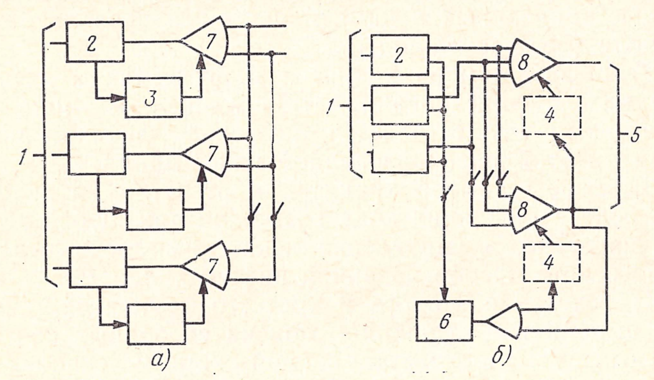


Рис. 5.3. Системы с прямым предысканием (*а*) и обратным (*б*):

1 — абонентская линия; *2* — абонентский комплект (*АК*); *3* — устройство управления искателем; *4* — управление искателем; *5* — соединительные промежуточные линии; *6* — устройство общего управления; *7* — ПИ; *8* — ИВ

живания каждого вызова. Другой недостаток системы с непосредственным управлением состоит в том, что сам способ управления диктует выбор малых по емкости искателей и, следовательно, с малой доступностью, поскольку для искателей большой емкости обеспечить простое непосредственное управление весьма непросто. Такую задачу управления удается решить, если в систему ввести устройства, которые бы принимали от абонента сигнальную информацию, преобразовывали ее в другую форму и вырабатывали на ее основе соответствующие сигналы управления коммутационной схемой. В качестве таких устройств обычно используют регистр, называемый директором, и передатчик (управляющий регистр).

ОБЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ

Для хранения цифровой информации о номере абонента в системах с общим управлением используются маркеры, которые могут применяться в сочетании с трансляторами. Исторически сложились четыре основных варианта организации общего управления, которые

применялись для управления различными типами приборов коммутации разговорных цепей:

1) цифры номера хранятся в регистрах в десятичном коде, управление искателями осуществляется с помощью записанных в памяти цифр без преобразования их кода (без трансляции);

2) цифры номера хранятся в регистрах в десятичном коде с фиксированной трансляцией, а управление искателями осуществляется на основе фиксированного формата этой преобразованной информации;

3) цифры номера хранятся в регистрах в десятичном коде, трансляция кода возможна при любой заданной нагрузке, а управление искателями осуществляется на основе преобразованной информации;

4) сочетание второго и третьего вариантов, когда для выполнения функций поиска свободных соединительных путей в коммутационной схеме и установления соединения используются маркеры.

Первые два метода управления используются в более ранних системах коммутации, а третий и четвертый методы — в современных системах.

В машинных системах и координатных электромеханических системах коммутации используется в основном четвертый метод, хотя и со значительными изменениями. Электронные системы коммутации с замонтированной логикой также используют четвертый метод в некоторой степени аналогично тому, как он используется в координатных электромеханических системах, однако с реализацией схем управления на электронных элементах и частично на реле.

Регистровое последовательное управление. В системах с прямым (последовательным) процессом установления соединения может применяться управляющий регистр, который включается перед первой ступенью группового искания. Как уже отмечалось при описании непосредственного управления, искатель вызова в последовательной системе действует независимо от сигналов набора номера, поступающих от абонента и осуществляющих непосредственное управление искателями. Поэтому-то управляющий регистр и может быть включен между искателем вызова и первой ступенью группового искания (рис. 5.4*а*). Однако поскольку он будет работать лишь часть времени обслуживания каждого вызова, то для каждой промежуточной линии, соединяющий искатель вызова и первую ступень группо-

вого искания, необходимо предусмотреть свой управляющий регистр. Следовательно, с практической точки зрения целесообразно использовать включение, пока-

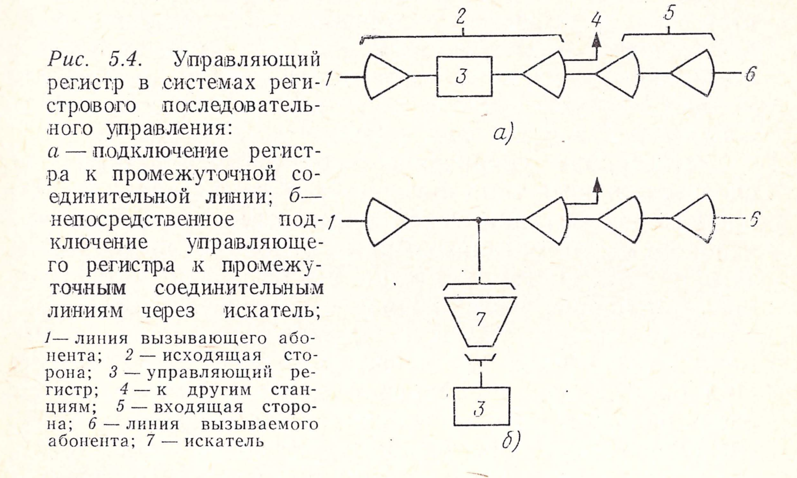


Рис. 5.4. Управляющий регистр в системах регистрового последовательного управления:

а — подключение регистра к промежуточной соединительной линии; *б* — непосредственное подключение управляющего регистра к промежуточным соединительным линиям через искатель;

1 — линия вызывающего абонента; *2* — исходящая сторона; *3* — управляющий регистр; *4* — к другим станциям; *5* — входящая сторона; *6* — линия вызываемого абонента; *7* — искатель

занное на рис. 5.4*б*. Здесь перед первой ступенью группового искания требуется включить меньшее по сравнению с первой схемой число управляющих регистров, к которым получает доступ несколько промежуточных соединительных линий. Число управляющих регистров может быть выбрано пропорционально числу промежуточных соединительных линий так, чтобы обеспечить заданное качество обслуживания.

После приема сигнальной информации от вызывающего абонента управляющий регистр преобразует полученный код в форму, удобную для использования в схемах управления; эту функцию управляющего регистра называют трансляцией. Регистр принимает информацию сигнализации в виде списочного номера вызываемого абонента, который определяет группу соединительных линий к требуемой центральной станции и линию вызываемого абонента на этой станции. В общем случае необходимо произвести два преобразования кодов: кода номера линии и кода станции. Устройство трансляции, которое будет подробно описано ниже, может быть выполнено как часть управляющего регистра или же как отдельное самостоятельное устройство. Обычно в современных системах оно выполняется как отдельное устройство, поскольку процесс трансляции

занимает, кроме всего прочего, еще и очень малый период времени по сравнению со всем временем занятия управляющего регистра. Это позволяет организовать коллективное использование отдельных трансляторов со стороны управляющих регистров путем введения соответствующих схем доступа к ним. По этой причине в современных системах коммутации с последовательным управлением мы встречаем не управляющие регистры, а регистры-трансляторы.

Регистровое управление системой коммутации последовательного типа позволяет более гибко строить процесс коммутации через транзитные станции и при необходимости организовывать обходные пути. Кроме того, в этих системах можно использовать коммутационные приборы, работающие с большей скоростью и обеспечивающие бóльшую доступность, чем это возможно в системах с непосредственным управлением. При обслуживании районов с телефонными станциями очень большой емкости возникает необходимость в обеспечении гибкости регистровых устройств управления с трансляторами, используемыми в системах коммутации последовательного типа.

В системах коммутации последовательного типа полное использование возможностей организации обходных путей и реализации повторных попыток установления соединения оказывается затруднительным в силу фактора времени. Экономика часто диктует свои условия и выступает против полного использования возможностей регистрового управления с применением трансляторов, и, как следствие, в результате возникают ограничения в применении межстанционной сигнализации и реализации возможной скорости передачи сигнальной информации.

Регистрово-маркерное общее управление. Несмотря на то что в системах с регистровым управлением последовательного типа используются принципы общего управления, для выбора свободных соединительных линий в таких системах коммутации необходимо осуществить обычное искание с помощью искателя. В начале двадцатых годов появилась идея осуществлять выбор или маркирование соединительной линии другими средствами. Вероятнее всего, первоначально маркер был разработан для управления коммутационными схемами в звеньевых системах коммутации. Различные ступени коммутации в звеньевых системах оказываются неза-

висимыми друг от друга, поэтому потребовалось иметь общее устройство, которое могло бы контролировать состояние коммутационной схемы и выбирать соединительный путь. Координатные соединители появились в США в тридцатые годы. Возникла необходимость сгруппировать их так, чтобы образовать звеньевые системы, в которых можно было бы эффективно применить маркерное управление и тем самым построить конкурентоспособные телефонные станции.

В базовой системе с регистрово-маркерным общим управлением, показанной на рис. 5.5, абонентские линии

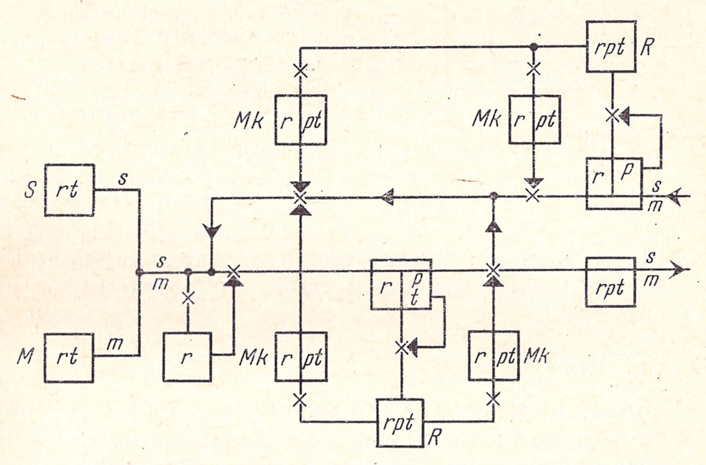


Рис. 5.5. Действие маркерно-регистровой системы общего управления

имеют доступ к устройствам приема—обработки—передачи информации, которые кратковременно занимаются в процессе установления соединения в соответствии с каждым поступившим вызовом. К числу этих устройств относятся: общие процессоры регистров *R* и маркеры *M*. Эти устройства предназначены для приема импульсов набора номера и затем последовательного установления соединения через всю станцию. Комплекты соединительных линий на входящей стороне станции соединены с оборудованием приемников, устройств обработки информации и передатчиков, которые принимают сигналы о номере вызываемого абонента и управляют работой коммутационных приборов станции. В более удобной для восприятия форме схема взаимосвязей

регистра, маркера и транслятора с коммутационной схемой показана на рис. 5.6. Распределение функций ука-

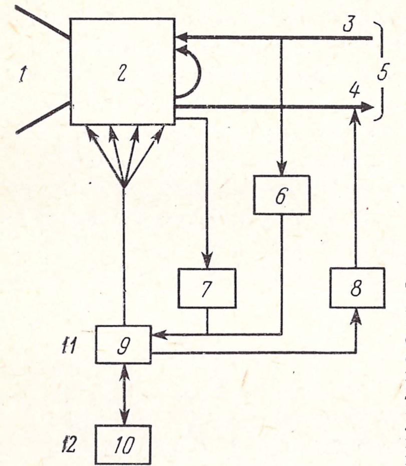


Рис. 5.6. Схема основных элементов общего управления:

1 — абонентские линии; *2* — комбинированная схема; *3* — входящие СЛ; *4* — исходящие СЛ; *5* — другие станции; *6* — входящий регистр; *7* — вспомогательный регистр; *8* — передатчик; *9* — комбинированный маркер; *10* — пересчетчик; *11* — транслятор кода направлений и управляющих сигналов; *12* — транслятор номеров линий

занных устройств применительно к электромеханическим координатным системам более подробно будет изложено в гл. 7.

ТРАНСЛЯЦИЯ [1]

В более широком смысле транслятор на телефонной станции можно было бы уподобить языковому транслятору, если ограничить язык только сигнальной информацией, поступающей от номеронабирателя телефонного аппарата абонента. Код управления процессом коммутации, используемый на современных телефонных станциях, отличается от числового кода списочного номера абонента, который передается при наборе номера. Коммутационные приборы получают доступ к линиям вызываемых абонентов путем соединения с терминалами линейного оборудования соответствующих номеров оборудования. В сокращенной форме списочные номера абонентов называют DN, а номера оборудования — EN. Линейное оборудование соответствует оборудованию абонентской линии и связано с номерами абонентов произвольным образом. Номера оборудования не являются четырехразрядными числами, но

[1] В нашей литературе по технике автоматической коммутации трансляцию называют также пересчетом. *(Примеч. перевод.)*

каждое из них представляется последовательностью пяти одно- и двухразрядных чисел (смешанная система счисления), которые указывают номера ячеек оборудования на стативах, где размещена схема коммутации разговорных каналов.

Трансляция используется для преобразования десятичного списочного номера, поступившего на станцию в результате набора номера вызывающим абонентом, в десятичное число, образующее инструкции по осуществлению коммутации, которые должно получить общее устройство (оборудование), чтобы обеспечить соединение с линией вызываемого абонента. Такое преобразование называют трансляцией DN-EN. Поскольку входные и выходные коды связаны между собой произвольным образом и, кроме того, время от времени эта связь кодов подлежит изменению в силу необходимости изменения размещения номеров, то, очевидно, чтобы осуществлять трансляцию необходимо иметь простое и легко изменяемое устройство. Для этой цели можно использовать различные сочетания реле. Кстати сказать, в электромеханических координатных системах использовались и до сих пор используются весьма сложные схемы трансляторов, поэтому здесь схема транслятора такого типа приведена не будет. В некоторых системах схемы трансляторов содержат до 1000 кодовых реле, однако число их можно уменьшить, если использовать контактное дерево на реле, применить отдельные поперечные соединения и в качестве выходных кодирующих элементов поставить резисторы.

Один из трансляторов, который вполне подходит для иллюстрации рассказа об этих устройствах, — это транслятор кольцевого типа (рис. 5.7). Он использовался в координатной системе «Кроссбар № 5» и находит применение на электронной станции, о которой более подробно будет написано в этой главе несколько позже. Здесь схема выборки под действием входных сигналов (входного кода) обеспечивает соединение однопроводной цепи с одним из тысячи терминалов, соответствующих номерам оборудования, каждый из которых связан с соединительным проводом, служащим кодирующим элементом при трансляции соответствующего номера оборудования. Каждый провод прошивает общую сетку, построенную из сердечников кольцевого типа, причем для каждой цифры в каждом разряде числа в соответствии с системой нумерации отводится один

сердечник. После того как будет сделан выбор номера оборудования, по каждому проводу проходит ток. Каждый из проводов действует как одновитковая первичная

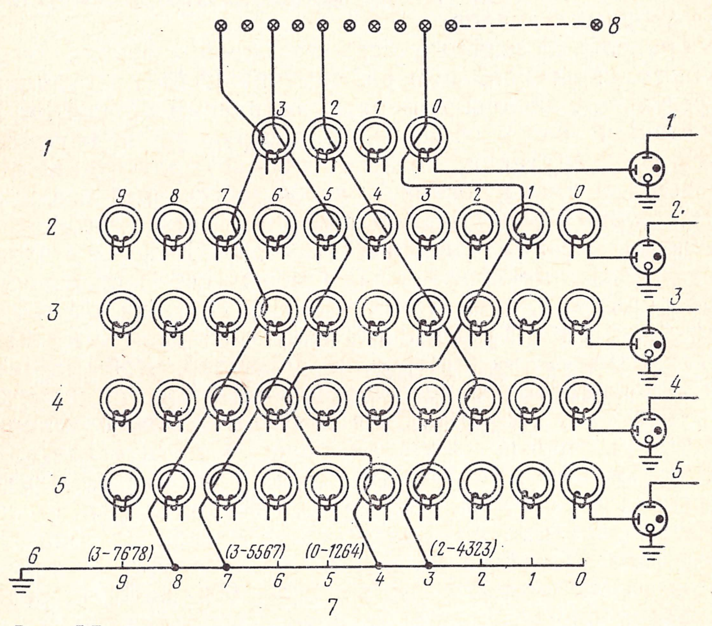


Рис. 5.7. Транслятор Даймонда на кольцевых сердечниках:
1 — станция; *2* — тысячи; *3* — сотни; *4* — десятки; *5* — единицы; *6* — шина потенциала земли; *7* — цифры; *8* — выводы, соответствующие номерам оборудования

обмотка для всех сердечников, через которые он проходит. При протекании по нему тока во вторичных многовитковых обмотках, связанных с этим сердечником, наводится ЭДС. Эта ЭДС создает ток, открывающий вентиль, в результате чего на маркирующий провод, соответствующий выходному коду, подается потенциал (маркировка). Трансляция любого номера оборудования может быть изменена путем перепрошивки соответствующих проводов. При этом через один и тот же сердечник может проходить много проводов. Таким образом, провода ведут себя подобно индивидуальным кодирующим элементам, а сердечники — как оборудование считывания, общее для всех кодирующих элементов. Поскольку в этом случае осуществляется преобразование номеров оборудования в списочные номера вы-

зывающих абонентов, то оно обозначается сокращенно как EN-DN-трансляция.

Вышеописанный способ кодирования был предложен Даймондом из Телефонной лаборатории Белла (Bell Telephone Laboratories) и известен как кольцевой транслятор Даймонда. Это весьма гибкая система и может быть использована как для DN-EN, так и для EN-DN-трансляции.

При обслуживании междугородных вызовов трансляция занимает очень важное место, особенно там, где схемы очень большие и сложные. В больших междугородных системах коммутации такая бесхитростная система трансляции позволяет обеспечить многие важные свойства системы, оставаясь по затратам в доступных экономических пределах. Кроме описанных выше обычных требований, которые возникают на типовой центральной телефонной станции, предусматриваются и другие, относящиеся к коммутации, связанные с переключением соединительных путей и междугородных направлений, а также с выбором обходных направлений. Выходной код транслятора междугородной координатной телефонной станции большой емкости состоит из многих чисел, построенных в системах счисления с различными основаниями. Этот код используется для установления соединения при обслуживании междугородного вызова. Введение прямого междугородного набора связано, конечно, с дополнительными требованиями к трансляторам междугородной телефонной станции. Разработка трансляторов, пригодных для использования на междугородных центрах коммутации, связана с решением специальных задач проектирования, поскольку трансляторы этих центров должны обрабатывать большое число разных кодов. На некоторых телефонных станциях для реализации функций трансляции применяются перфокарты с различным форматом прерывания светового луча.

Трансляция и кодирование тесно связаны между собой, и нет необходимости останавливаться на том, какое множество кодов можно использовать. Однако здесь уместно остановиться на так называемом коде «2 из 5». Поскольку при наборе номера абонент располагает только десятью цифрами, то для получения десяти самопроверяющихся комбинаций необходимо построить код на основе, по крайней мере, пяти элементов. Этот код использует десять комбинаций, состав-

ленных из пяти элементов, причем каждая комбинация содержит только два элемента. Именно это обстоятельство и обусловило название кода. В табл. 5.1 приведено

Таблица 5.1

Представление десятичных цифр в коде «2 из 5»

Цифра	Код «2 из 5» 0—1—2—4—7	Цифра	Код «2 из 5» 0—1—2—4—7
1	0—1	6	2—4
2	0—2	7	0—7
3	1--2	8	1—7
4	0—4	9	2—7
5	1—4	0	4—7

соответствие кодовых комбинаций и десятичных цифр, которые могут быть переданы с помощью номеронабирателя. Элементы кода перенумерованы: 0, 1, 2, 4 и 7. Таким образом, каждой комбинации элементов путем суммирования номеров входящих в нее элементов можно поставить в соответствие десятичное число; исключение составляет лишь комбинация элементов с номерами 4 и 7, которая соответствует цифре 0. На практике каждая цифра номера представляется комбинацией частот кода «2 из 5» и в одной из систем дает возможность маркеру определять номер оборудования, к которому должно быть направлено соединение.

РЕГИСТРЫ

Хотя основное назначение регистра состоит в том, чтобы запомнить и сохранить информацию о номере, переданную абонентом с помощью номеронабирателя и которая может быть использована для управления схемой коммутации разговорных каналов, тем не менее термин «регистр» используется также для обозначения устройств, выполняющих не только хранение, но и в некоторых случаях функции трансляции информации. Кроме того, иногда связывают регистр с термином «передатчик» и называют регистр-передатчик. В этом случае регистр выполняет не только функцию хранения информации, но и ее передачу в другие устройства с целью управления системой.

Регистр был первым элементом систем с общим управлением. Уже первые системы коммутации (машинные, типа ротари и панельные) использовали регистры

и регистры-передатчики, которые выполняли и функции трансляции. В течение 65 лет было разработано множество видов регистров. Основное различие в первых проектах машинных, ротари и панельных систем было связано с методами управления искателями и различной доступностью, обеспечиваемой этими системами. Обе системы не использовали для управления процессом искания маркирование, а осуществляли управление путем посылки обратных импульсов. По мере продвижения щеток искателей посылались обратные импульсы, которые подсчитывались в передатчике или в регистре. Когда щетки искателя достигали требуемой позиции, передатчик размыкал цепь передачи импульсов, прекращая их поступление.

Структурная схема регистра с опознавателем импульсов и счетными схемами в том виде, как он используется в электронных станциях с замонтированной логикой, приведена на рис. 5.8. Из рисунка видно, что

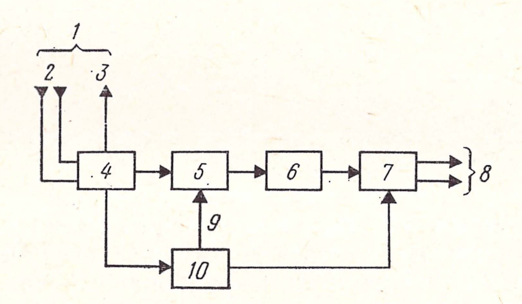


Рис. 5.8. Связь счетчика и опознавателя импульсов в регистре:

1 — релейное устройство контроля и наблюдения, подключаемое через ступень регистрового искания; *2* — вход с линии; *3* — выдача импульсов; *4* — опознаватель импульсов набора номера; *5* — десятиразрядный счетчик; *6* — преобразователь в код «2 из 5»; *7* — распределитель; *8* — к ЗУ на язычковых реле; *9* — сигнал считывания; *10* — опознаватель межцифровых пауз

после обработки сигналов в электронных схемах информация запоминается в устройстве памяти на язычковых реле.

ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ МАРКИРОВАНИЕ И МАРКЕРЫ

Принцип маркирования можно легко пояснить на примере искателей типа ротари. Например, при косвенном управлении моторными искателями EMD группо-

вые шаги искателя электрически маркируются, как показано на рис. 5.9. Импульсы набора номера задействуют реле управления движением искателя по шагам. Контакты в релейном устройстве соединяются с теми контактами в многократном поле искателя, которые представляют собой начало декады, соответствующей

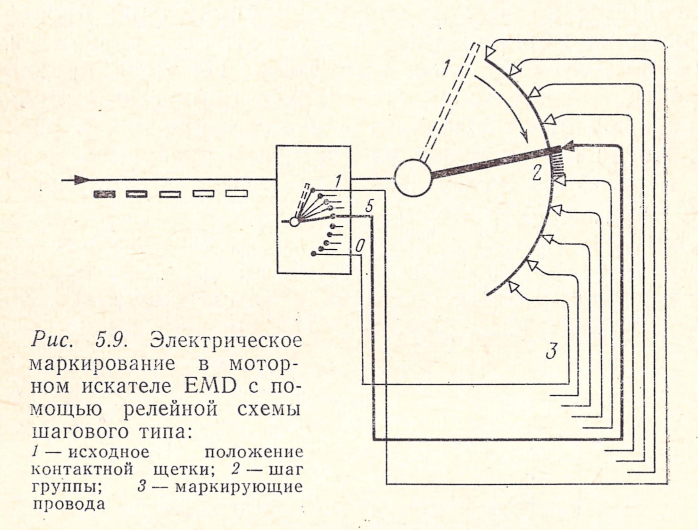


Рис. 5.9. Электрическое маркирование в моторном искателе EMD с помощью релейной схемы шагового типа:

1 — исходное положение контактной щетки; *2* — шаг группы; *3* — маркирующие провода

одной набираемой на номеронабирателе цифре номера (групповой шаг). По мере того как щетки моторного искателя совершают круговое движение, его четвертая контактная щетка опробует маркированный контакт, по достижении которого искатель прекращает свое движение. После выбора маркированной декады моторный искатель приступает к исканию внутри выбранной группы. Для большей экономии оборудования управление процессом опознавания маркированного выхода осуществляется не с помощью реле движения в релейном устройстве моторного искателя EMD, а с помощью некоторого общего управляющего устройства, в котором сосредоточены все элементы управления нескольких искателей.

На современных электронных станциях, использующих замонтированную логику, например на английской станции TXE-2, маркирование играет примерно ту же роль, что и на координатных станциях. Каждое соединение через приборы коммутации разговорного тракта проходит по трем или четырем проводам: два прово-

да — разговорных; один провод — удержания, который служит для сохранения соединительного пути через коммутационную схему во время разговора; четвертый провод при необходимости используется для сигнализации. Функция маркирования сочетается с функцией пробы, причем обе функции реализуются с использованием как электрических, так и электронных устройств. Функция пробы включает одновременную проверку всех звеньев коммутации от конца к концу для установления требуемого соединения, например соединения абонентской линии с регистром, соединения вызывающего абонента с вызываемым, соединения регистра с дополнительным оборудованием. Поскольку в каждый момент времени на каждой станции одновременно может иметь место только одна операция пробы, то эти операции должны выполняться быстро. На станции TXE-2 в ЧНН каждую секунду выполняется примерно четыре операции пробы, которые включают проверку потенциалов на проводах удержания на входах и выходах коммутатора с целью выяснения, свободны они или заняты. Для реализации этих функций применяются схемы распознавания напряжения.

Хотя на больших по емкости станциях обычно требуется несколько устройств пробы, распределенных по всей коммутационной системе, станция TXE-2 обслуживается только одним таким устройством, которое дублируется с целью обеспечения непрерывности обслуживания. На этой станции для проведения всех проверок используется общий элемент распознавания напряжения, который с помощью специальной релейной схемы подключается на время пробы к соответствующим входам и выходам системы (рис. 5.10). Подключающие реле этой схемы включаются маркирующими реле, связанными с теми точками схемы (входами и выходами), между которыми требуется установить соединение. Подключающие реле поддерживаются в рабочем состоянии сигналами управления, которые непрерывно подаются из системы управления в течение всего времени пробы. При установлении соединения между различными входами и выходами схемы необходимо проводить опробование состояния входов и выходов коммутаторов, что осуществляется с помощью подключающих реле, обеспечивающих подключение устройства пробы к коммутаторам различных звеньев коммутационной схемы. Схема опознавания выдает сигнал свободности, если в

проверяемой точке присутствует положительный потенциал, и сигнал занятости, если отрицательный потенциал. Отрицательный потенциал возникает и в том случае, если по обмоткам реле соответствующих точек

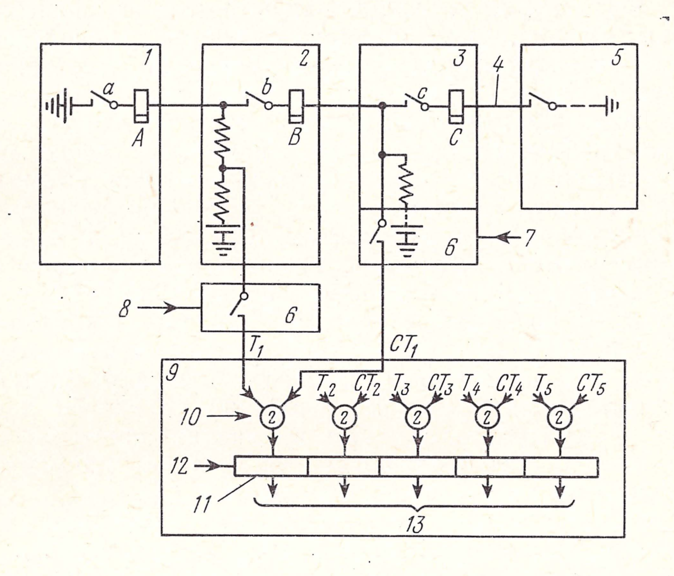


Рис. 5.10. Реализация функций опроса на станции ТХЕ-2:

1 — коммутатор звена *A*; *2* — коммутатор звена *B*; *3* — коммутатор звена *C*; *4* — провод удержания; *5* — релейный комплект; *6* — подключающее реле; *7* — управление релейной схемой подключения к коммутаторам звена *C*; *8* — управление релейной схемой подключения; *9* — устройство выбора коммутатора звена *B*; *10* — схемы распознавания напряжения; *11* — устройство последовательной выборки в коде «2 из 5» без начального положения; *12* — шаг; *13* — сигнал маркирования

коммутации протекает ток удержания. Если коммутатор снимается со статива, то положительный потенциал также будет отсутствовать, имитируя занятость прибора. При выполнении обычного обслуживания вызова на станции ТХЕ-2 (см. рис. 5.10) устройство общего управления посылает инструкции в устройство выбора коммутатора звена *C*. Оно находит такой коммутатор, к выходам которого подключен свободный релейный комплект. После этого замыкаются контакты подключающих реле, обслуживающих коммутатор звена *C*, а пробные провода, соответствующие промежуточной линии между звеньями *B* и *C*, подключаются к устройству вы-

бора соединительного пути (устройству выбора коммутатора звена *B*). В это же время пять промежуточных линий между звеньями *A* и *B*, связанных с линией вызывающего абонента, подключаются к устройству выбора звена *B*. Затем с помощью оборудования выбора соединительного пути выбираются взаимно доступные и дополняющие друг друга промежуточные линии между звеньями *A*—*B* и *B*—*C* таким образом, чтобы образовалось соединение между линией вызывающего абонента и выбранным коммутатором звена *C*. Процесс установления соединения завершает устройство последовательного выбора соединительного пути без фиксации начальной точки выборки. Это устройство работает кодом «2 из 5» и состоит из логической схемы и элементов памяти. Когда процедура выбора соединительного пути закончена и соответствующий сигнал подан в маркер, устройство выбора переходит в следующее состояние. Это необходимо для того, чтобы при повреждении выбранного соединительного пути можно было бы осуществить выбор другого соединительного пути, если при обслуживании данного вызова будет автоматически предпринята повторная попытка установления соединения.

Если соединительный путь выбран, то следующая операция состоит во включении язычковых реле точек коммутации. Процесс, который в этом случае имеет место, называется процессом маркирования или, как говорят, реализует функцию маркирования. Однако некоторые авторы описанную выше функцию пробы также относят к функциям, выполняемым маркером. Независимо от этого в любом случае на станции необходимо иметь маркирующее оборудование, которое должно знать «опознавательные знаки» двух точек, соединенных между собой через коммутационную схему, за которые несет ответственность именно это оборудование. Первой точкой может быть линия вызывающего или вызываемого абонента, шнуровой комплект, комплект соединительных линий и т. д., а второй — релейный комплект или промежуточная линия, выбранная устройством выбора соединительных путей. Процесс маркирования соединительного пути, который будет установлен через схему, показан на рис. 5.11. Выбранный релейный комплект маркируется из схемы общего управления, при этом сам комплект подает положительный потенциал на провод удержания. Маркированный линейный

комплект подает потенциал земли на провода маркировки всех трех реле точек коммутации коммутатора звена *A*, к которым он подключен. Затем со стороны релейной схемы подключения подаются положительные потенциалы на маркирующие провода коммутаторов звеньев *B* и *C*. После этого замыкается точка коммутации на звене *C*, за ней — точки коммутации на звеньях

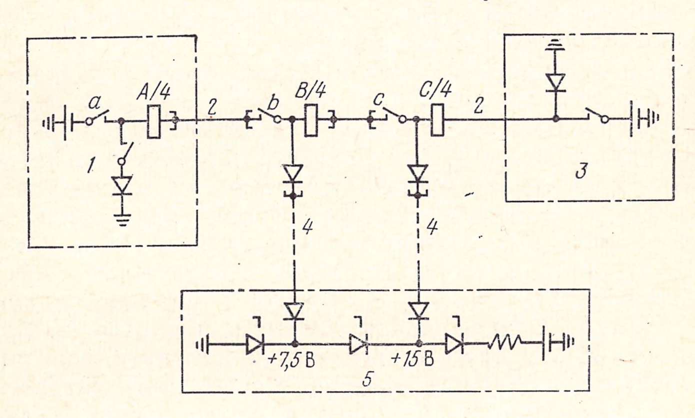


Рис. 5.11. Реализация функции маркирования на станции ТХЕ-2:

1 — линейный комплект и коммутатор звена *A*; 2 — провод удержания *H*; 3 — релейный комплект; 4 — подключающее реле; 5 — устройство выбора коммутатора звена *B*

B и *A*. В результате срабатывания реле точки коммутации на звене *A* на маркирующем проводе вместо потенциала земли появляется отрицательный потенциал. Таким образом, начальный потенциал удержания соединения от конца к концу составляет 100 Вт, однако постепенно он снижается за счет отключения положительной батареи. Реле точек коммутации продолжают удерживать в цепи релейного комплекта, соединенного с источником питания. Релейный комплект включает в линейном комплекте реле *K*, подавая на управляющий (сигнальный) провод потенциал земли, и тем самым отключает от линии реле *LR*. В схеме предусмотрено подключение релейного комплекта через полнодоступную схему коммутации к регистру. Регистр подает питание в аппарат абонента, посылает сигнал ответа станции и ожидает импульсов набора номера (эти операции на рис. 5.10 не показаны).

Описание операции пробы и маркирования аналогично операциям, имеющим место в координатных си-

стемах, за исключением того, что реле удержания в одной системе совмещены с электромагнитами координатных соединителей, а в другой системе реализованы на язычковых реле. Программирование работы станции с использованием кольцевого транслятора Даймонда будет описано в гл. 8.

ОБЩЕЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ЗАПИСАННОЙ ПРОГРАММЕ

В обозначениях, принятых Флауэрсом, станция с общим управлением по записанной программе может быть представлена рис. 5.12. Абонентские линии, по которым

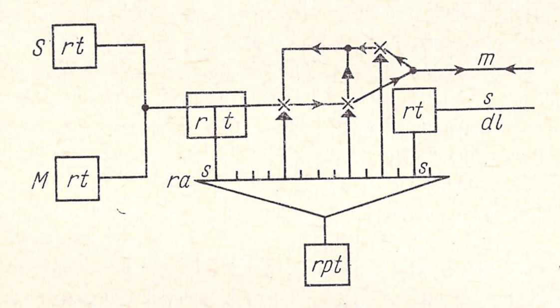


Рис. 5.12. Основные элементы управления в системах общего управления по записанной программе

идет передача сообщений и сигнальной информации, подключены к аппаратуре приема—передачи, к которой имеет доступ общий процессор *(rpt)* через схему коммутации с произвольной выборкой *(ra)*. Эта схема коммутации имеет «произвольную выборку» в том смысле, что каждый элемент *rt* оборудования и оборудования управления схемой коммутации имеет адрес, с помощью которого в любой момент времени к нему может получать доступ общий процессор. Через коммутационную схему станции идет передача только сообщений от абонентов. Из каждой группы соединительных линий к другой станции, выделяется линия передачи данных, по которой передаются кодированные сигналы для управления процессом обслуживания соединения, направляемого к другой станции. Подключение к линиям передачи данных происходит через схему коммутации с произвольной выборкой. В работу станции входит определение состояния каждого устройства приема—передачи

путем периодического обращения к нему. Запоминание предшествующих состояний rt-устройств и схемы коммутации происходит в общем процессоре. Схема коммутации с произвольной выборкой работает таким образом, что осуществляется избирательная выборка управляющих устройств коммутационной схемы и rt-устройств и передаются сигналы, которые указывают на определение состояния блоков системы. Управляющее устройство проверяет каждое rt-устройство чаще, чем может измениться его контролируемое состояние, при котором посылается соответствующий сигнал. Использование общего процессора в системе с записанной программой позволяет сосредоточить в нем все функции управления, обработки информации и принятия решений. Таким образом вся обработка информации концентрируется в общем процессоре с записанной программой, а не распределяется по отдельным управляющим устройствам станции, как это имело место во всех предыдущих системах общего управления.

На первый взгляд кажется, что сосредоточение всех функций обработки информации в общем процессоре (которое, в свою очередь, приводит к исключению необходимости сигнализации через коммутационную схему станции и исключению оборудования сигнализации из комплектов соединительных линий и шнуровых комплектов) приведет к значительной экономии оборудования. Однако напротив, оно приводит к некоторому усложнению оборудования, что несколько снижает экономический выигрыш. Во-первых, необходимо дублировать общий процессор и схему коммутации с произвольной выборкой, поскольку от них зависит работа всей станции. Кроме того, необходимо принять тщательно разработанные меры по обнаружению неисправностей оборудования, чтобы даже при дублировании оборудования обеспечить правильное функционирование системы. Во-вторых, приемо-передающее оборудование, которое размещается на станционной стороне каждой линии, должно принимать и передавать все сигналы, необходимые для работы периферийного оборудования, что приводит к значительному увеличению объема оборудования в пересчете на одну линию. Такое распределение функций было бы слишком дорогостоящим, поэтому возможно больше функций, связанных с приемом и передачей информации, целесообразно передать менее многочисленному оборудованию, используя ли-

нейное станционное оборудование только для обнаружения сигналов вызова, а ступень коммутации с концентрацией для подключения его к устройствам приема и передачи. В результате этого оборудование линейных терминалов должно будет вырабатывать лишь несколько сигналов, которые будут поступать в устройства приема—передачи, как показано на рис. 5.13.

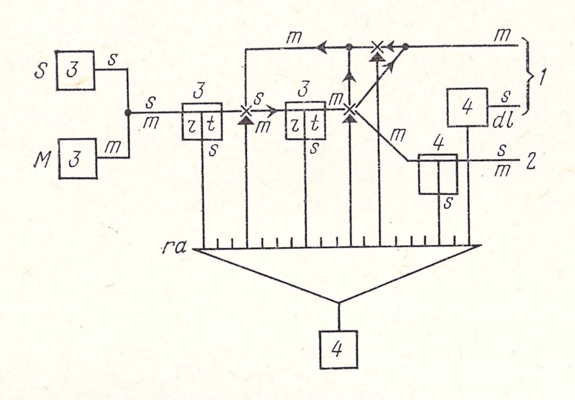


Рис. 5.13. Основные операции управления в системе общего управления с частично записанной программой:

1 — к станциям с УЗП; 2 — к станциям с непосредственным и общим управлением; 3 — rt-устройство; 4 — rpt-устройство

Другая сложность состоит в большом числе операций, которые должен выполнять процессор. В результате этого он может «задерживаться» на каждом оборудовании, которое он сканирует, всего лишь несколько микросекунд. Это слишком малое время для выполнения любой операции управления или сигнализации. Решение этой проблемы состоит в том, чтобы либо уменьшить скорость сканирования, либо давать команды на последовательное сканирование такое число раз, чтобы сделать его эффективным, либо выдавать только команду в устройства приема—передачи и предоставлять им возможность выполнять эту команду самим. Предлагаемые решения могут потребовать удаления части функций из общего процессора и распределения их по другим устройствам станции. Другая трудность состоит в том, что общий процессор может выдавать инструкции для выполнения каких-либо операций или

выдачи специальных сигналов, но сам выполнять свои приказы не может. В результате этого устройства приема—передачи, использующие моностабильные и бистабильные схемы, должны включаться общим процессором. Они, в свою очередь, управляют логическими переключателями и т. д., которые приводят в действие коммутационные приборы, подают специальные сигналы и выполняют другие функции. Именно по этим причинам управление по записанной программе не нашло применения на всех уровнях телефонной коммутации. Однако системы с управлением по записанной программе уже введены в США в эксплуатацию, главным образом, в качестве станций большой емкости, и уже сейчас фирма «Белл Систем» извлекает выгоду из тех возможностей, которые предоставляет машинная обработка информации.

МЕТОДЫ СИГНАЛИЗАЦИИ

Сигнализация с точки зрения управления коммутацией на станции делится на: сигнализацию между абонентами и станцией и сигнализацию между станциями. В пределах каждой категории можно выделить два основных класса сигналов: сигналы адреса и сигналы контроля и наблюдения. Первый тип сигналов предназначен для направления вызова к требуемому абоненту и для того, чтобы начисление платы за разговор проводилось соответствующему абоненту. Второй тип сигналов содержит информацию об этапах установления соединения. Например, если вызывающий абонент поднимает микротелефонную трубку своего телефонного аппарата, то формируется сигнал вызова — требования на установление соединения; если микротелефонную трубку снимает вызываемый абонент, то формируется сигнал ответа; и если любой из абонентов, ведущих разговор, положит микротелефонную трубку на рычаг аппарата, то формируется сигнал отбоя. При управлении системами коммутации в электросвязи в первую очередь имеют дело с адресной информацией, поскольку она оказывает наибольшее влияние на работу коммутационной схемы при установлении требуемого соединения между абонентами. Однако для управления процессом установления соединения важна и информация, содержащаяся в сигналах контроля и наблюдения.

СИГНАЛИЗАЦИЯ МЕЖДУ АБОНЕНТОМ И СТАНЦИЕЙ

Если абонент при посылке вызова на станцию использует дисковый номеронабиратель, то он создает обрывы абонентского шлейфа — бестоковые импульсы со скоростью примерно 10 имп/с. Таким образом, период следования импульсов составляет примерно 100 мс, причем интервал времени, когда шлейф оборван, составляет 60—64% от общего периода. Длины интервалов обрыва в телефонных аппаратах разных стран несколько различаются, и даже при их изготовлении указываются соответствующие технические допуски. Например, в Англии интервал обрыва цепи составляет около 66% от общего периода следования импульсов в 100 мс. Как видно из рис. 5.14, имеется межцифровая

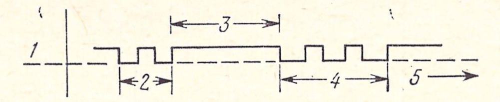


Рис. 5.14. Сигнализация при наборе номера дисковым номеронабирателем:

1 — ток в абонентской линии; *2* — цифра 2; *3* — межсерийное время; *4* — цифра 3; *5* — время

пауза[1], которая примерно в 4 раза больше длительности одного импульса набора номера; наличие ее обусловлено временем, необходимым для завершения вращения диска номеронабирателя, и временем обратного движения механизма набора номера.

Дисковые номеронабиратели были введены в конце XIX века и до сих пор имеют широкое распространение. Хотя многочастотная сигнализация с кнопочного телефонного аппарата является более приемлемой для работы с электронными телефонными станциями, тем не менее при проектировании следует учитывать необходимость согласования работы этих станций с сигналами, поступающими с дисковых номеронабирателей.

МНОГОЧАСТОТНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ АБОНЕНТА

Используя кнопки, можно осуществлять набор номера телефона в 2 раза быстрее, чем при дисковом номеронабирателе. Кнопочный набор стал возможен при

---

[1] В нашей литературе этот период времени называют межсерийным временем. *(Примеч. перевод.)*

появлении телефонных аппаратов с тастатурой, где для одновременной передачи двух сигнальных частот предназначена одна кнопка. Приемник на центральной станции принимает и транслирует эти сигналы для последующего хранения в регистрах. Передаваемые частотные сигналы функционально соответствуют бестоковым импульсам, образуемым при обрыве шлейфа, о которых мы уже говорили. В табл. 5.2 приведены частоты и цифры, которым соответствует передача комбинаций двух частот. Например, при передаче цифры 5 в линию поступает две частоты: 770 и 1336 Гц.

Таблица 5.2

Кодирование десятичных цифр частотным кодом

Частота, Гц	1205	1336	1447
697	1	2	3
770	4	5	6
852	7	8	9
941	*	0	#

Кодирующее устройство типа, показанного на рис. 5.15, содержит схемы генерации частот, указанных ря-

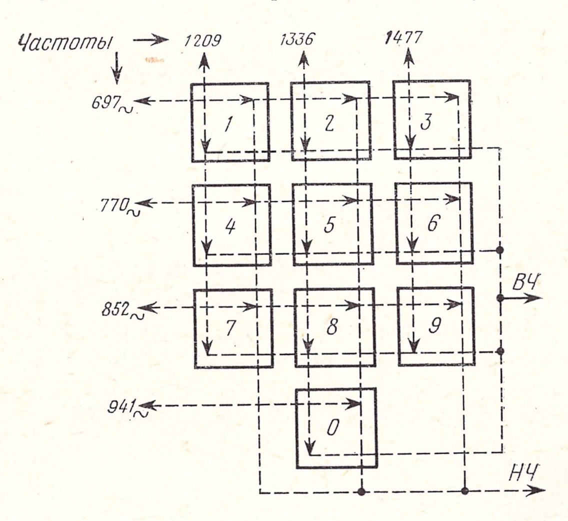


Рис. 5.15. Многочастотная сигнализация, обеспечиваемая телефонным аппаратом кнопочного типа

дом с каждой кнопкой. Многочастотную сигнализацию указанного типа называют внутриполосной сигнализацией, поскольку передаваемые частоты лежат внутри диапазона звуковых частот передаваемого сообщения.

НИЗКОЧАСТОТНАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ МЕЖДУ СТАНЦИЯМИ

При организации сигнализации между станциями используются оба вида сигнализации — внутриполосная и внеполосная (рис. 5.16). Международный консуль-

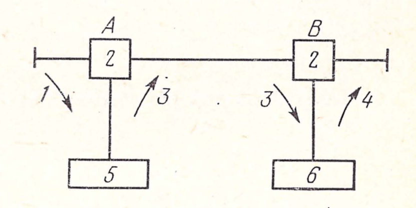


Рис. 5.16. Многочастотная сигнализация между станциями:
1 — ввод информации набора номера; 2 — станция; 3 — закодированные сигналы; 4 — декодированные сигналы постоянного тока; 5 — устройство общего управления *А* (ЗУ, кодер и передатчик); 6 — устройство общего управления *В* (приемник, декодер и ЗУ)

тативный комитет по телефонии и телеграфии (МККТТ) рекомендовал использовать частоту 2280 Гц для одночастотной внутриполосной сигнализации. Однако для передачи управляющих сигналов (SF) используются другие частоты, например 2600 Гц. На практике в частотных системах, обслуживающих короткие междугородные линии, целесообразно использовать внеполосную сигнализацию. Примером могут служить частотные системы О, N и ON, в которых для сигнализации использовались частоты 3400 и 3550 Гц. «Белл Систем» использовала для этих целей частоту 3700 Гц. При одночастотной внутриполосной сигнализации необходимо принимать специальные меры предосторожности для защиты от проникновения разговорных сигналов. Можно получить вполне удовлетворительное качество работы приемных устройств, если учесть различие в характеристиках разговорных сигналов и сигналов отдельных звуковых частот.

При многочастотной сигнализации между станциями МККТТ рекомендовал использовать систему сигнализации № 4 и № 5. Система сигнализации № 4 для регистровых и линейных сигналов предлагает использовать частоты 2040 и 2400 Гц. Регистровые сигналы кодируются в двоичном коде и передаются в четыре этапа. Система сигнализации № 5 рекомендована для применения при полуавтоматическом обслуживании вызовов,

направляемых по трансатлантическому кабелю. Линейные сигналы передаются на частотах 2400 и 2600 Гц, а регистровые сигналы — частотным способом в коде «2 из 6». Частоты, используемые при передаче регистровых сигналов, занимают диапазон от 700 до 1700 Гц, причем каждая используемая частота отстоит от соседней на 200 Гц. Достичь единого стандарта по выбору частот в различных странах не удалось, поэтому для сигнализации используются и другие комбинации частот. Для организации сигнализации между станциями используются и другие способы: постоянным током, переменным током низкой частоты и т. д.

СИГНАЛИЗАЦИЯ МЕЖДУ СТАНЦИЯМИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ

На коммутационных телефонных станциях сигналы набора номера, посылаемые абонентом, могут быть преобразованы в другие сигналы, например сигналы по Е-проводу, М-проводу и сигналы, образованные с помощью заземленной батареи. Это позволяет передавать сигналы на бо́льшие расстояния, чем это могла бы обеспечить сигнализация шлейфным способом. Возможны и другие формы сигналов, такие, как при дуплексной сигнализации DX, когда для передачи сигналов используют и постоянный и переменный ток. В таких системах сигналы переменного тока по частоте лежат за пределами полосы частот разговорных сигналов, причем обычно ниже разговорного спектра. Сигнализация постоянным током часто используется в УАТС, где она удобна в силу малых затрат и простоты; формирование сигналов осуществляется с помощью диодов и контактов коммутационных приборов; обнаружение сигналов при приеме осуществляется с помощью релейных схем. К сожалению, сигнализация постоянным током не может быть распространена за пределы местных сетей (по крайней мере, без перевода сигналов из одной формы в другую, как это возможно при многочастотной сигнализации).

СИГНАЛИЗАЦИЯ ПО ЛИНИЯМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Рост числа телефонных станций с общим процессором, особенно в США, вызвал необходимость введения линий передачи данных между станциями для органи-

зации сигнализации между ними в будущем. Линии передачи данных могут обеспечить неограниченный объем сигнальной информации при небольших затратах в пересчете на один соединительный комплект при подключении большой группы таких комплектов. Примером системы сигнализации по линии передачи данных является система межстанционной сигнализации по общему каналу сигнализации (система CCIS)[1], которая нашла применение в телефонных станциях фирмы «Белл Систем». Сигнальные терминалы сопрягаются, с одной стороны, с электронным процессором, а с другой стороны, с модемом для передачи и приема сигналов, идущих к удаленной станции и поступающих от нее. В некоторых случаях может быть использована отдельная линия связи с полосой частот в пределах разговорных сигналов при условии, что минимальная скорость передачи сигналов составляет 2400 бит/с, а максимальная — 4800 бит/с. Другая возможность состоит в том, чтобы использовать цифровую линию связи, исключающую необходимость применения модема. Сигнальная информация, которая образуется в процессоре, передается в параллельной форме в сигнальный терминал, который, в свою очередь, передает ее в модем уже в последовательной форме, используя 28-битовое слово, причем в каждом слове 20 бит занимают данные, а 8 бит — проверочные комбинации.

Система CCIS совместима с системой сигнализации № 6, предложенной МККТТ, которая известна под названием системы сигнализации по отдельному каналу передачи данных. Как показано на рис. 5.17, линия передачи данных соединяет процессоры станций *A* и *B*, которые ведут обработку сигналов примерно такого же формата, как и формат сигналов в системе CCIS. Пути передачи сообщений и сигнальной информации полностью разделены, что позволит обрабатывать в процессоре и передавать по каналу передачи данных сигнальную информацию, относящуюся к тем соединениям разговорных каналов, которые не коммутируются на данном центре. Этот способ сигнализации известен как квазисвязанная сигнализация. Он позволяет работать сети даже в том случае, когда между каждой парой

---

[1] В нашей литературе эта система получила сокращенное название — ОКС (*Примеч. перевод.*)

станций нет линий передачи данных, что дает существенную экономию оборудования.

При сигнализации по служебной линии все сигналы, относящиеся к группе соединительных комплектов, которые используются для передачи сообщений, переда-

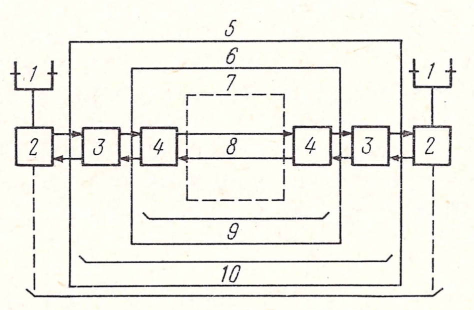
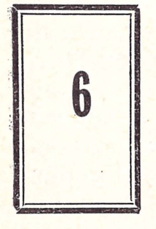


Рис. 5.17. Система сигнализации между станциями по общему каналу (CCIS) (IEE ISS Record):

1 — коммутационная схема; *2* — процессор; *3* — терминал сигнализации; *4* — модем; *5* — линия сигнализации; *6* — линия передачи данных; *7* — линия связи для передачи сигналов звуковых частот; *8* — каналы для передачи сигналов звуковых частот; *9* — каналы передачи данных; *10* — каналы сигнализации

ются по двусторонней цепи. По своим характеристикам эта система имеет много общего с системой сигнализации по линиям передачи данных и в некоторых случаях может быть использована вместо этой системы.



Современные шаговые и машинные АТС

Принцип действия шаговых искателей Строуджера и различных типов машинных искателей был описан в гл. 4, однако способ их объединения в коммутационные схемы еще показан не был. Поскольку в настоящее время практически не ведется дальнейших усовершенствований шаговых и машинных искателей, то может показаться,

что станции, использующие их в качестве коммутационных приборов, вряд ли могут обладать свойствами, присущими, если не самым новым, то, по крайней мере, современным системам связи. На сегодняшний день положение таково, что практически миллионы абонентских линий во всем мире обслуживаются системами коммутации, построенными на шаговых и машинных искателях.

С появлением такого нового вида обслуживания, как прямой дистанционный набор, т. е. непосредственная автоматическая международная связь абонентов разных стран, осуществляемая автоматически путем набора номера абонентом, возникает необходимость либо заменить старые шаговые и машинные системы, не предусматривающие возможности такого обслуживания, либо их модернизировать. При модернизации старых систем вводятся такие элементы общего управления, как регистры-трансляторы, которые во многих случаях либо частично, либо полностью реализуются на электронных элементах.

ТИПОВЫЕ ШАГОВЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Основными функциональными элементами коммутационной системы шагового типа являются предыскатели, искатели вызовов, групповые искатели и линейные искатели.

До 1928 г. коммутационные схемы шагового типа строились с использованием прямого предыскания, когда каждая абонентская линия подключалась на станции к индивидуальному предыскателю. В дальнейшем для сокращения оборудования станции стали применять методы обратного предыскания, когда каждая абонентская линия включалась на станции в поле искателя вызова. В системе с обратным предысканием группа абонентских линий обслуживалась значительно меньшим числом искателей вызова, каждый из которых определял в данной группе линию абонента, снявшего микротелефонную трубку. В результате срабатывания искателя вызова линия вызывающего абонента оказалась подключенной к следующей ступени искания (группового или линейного).

Принцип работы искателя вызова можно считать обратным принципу работы предыскателя, хотя каждый из них в конечном счете решал одну и ту же задачу —

концентрации нагрузки от большего числа абонентских линий на меньшее число обслуживающих приборов коммутации. В системе с прямым предысканием каждая абонентская линия соединяется непосредственно с предыскателем, который выбирает свободный искатель следующей ступени искания. В системе с обратным предысканием искатель вызова, непосредственно соединенный с искателем следующей ступени искания, отыскивает абонентскую линию и подключает ее к следующей ступени искания.

В системах с обратным предысканием находят применение как шаговые, так и машинные искатели. Примером простейшей системы с обратным предысканием является система, построенная на машинных искателях, не имеющих начального (исходного) положения. Абонентские линии в этой системе включаются непосредственно в поле искателей вызова, и, следовательно, число линий, которые может быть обслужено группой искателей вызова, ограничивается емкостью контактного поля искателя. Есть системы, в которых используются 200-линейные абонентские группы.

Как видно из рис. 6.1, вслед за искателем вызова расположена ступень группового искания. На этой ступени выбранный групповой искатель принимает импуль-

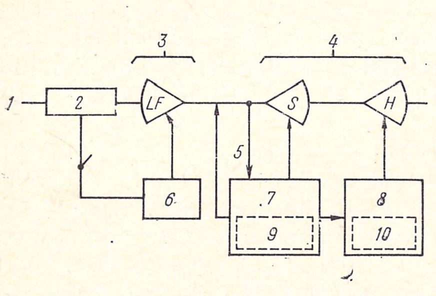


Рис. 6.1. Ступени обратного предыскания и группового искания в шаговых системах:
1 — линия вызывающего абонента; *2* — абонентский комплект; *3* — ступень обратного предыскания; *4* — ступень группового искания (выбор группы *S* и поиск искателя в группе *H*); *5* — сигнал «Ответ станции»; *6* — устройство управления исканием вызова *УУИВ*; *7* — устройство управления выбором группы линий; *8* — устройство управления поиском свободной линии в группе; *9* — прием информации; *10* — проба на занятость

сы набора номера от абонента, которые управляют первым (вертикальным) движением искателя Строуджера. В результате первого движения искателя выбирается та группа искателей, которая имеет доступ к линии вызываемого абонента. При следующем — враща-

тельном движении, которое совершается автоматически, отыскивается свободный искатель в выбранной группе. Обычно все цифры списочного номера абонента, кроме последних двух, используются для управления ступенями группового искания на шаговых станциях. Таким образом, на 1000-линейной центральной станции необходимо иметь одну ступень группового искания, осуществляющую выбор сотенных групп абонентских линий. Например, если вызывают абонента, номер телефонного аппарата которого 345, то при наборе цифры 3 групповой искатель выбирает группу 300. При емкости центральной телефонной станции 10 000 линий ее коммутационная система содержит две ступени группового искания, на одной из которых производится выбор тысячных, а на другой — сотенных абонентских групп.

Следующей после ступени группового искания на шаговых станциях является ступень линейного искания, выполняющая операции, аналогичные операциям телефонистки на ручной станции при соединении двух абонентов: проключение разговорного тракта, посылка вызова вызываемому абоненту и т. д. Обычный линейный искатель обеспечивает доступ к 100 абонентским линиям. Действие искателя определяется двумя последними цифрами номера, набираемыми абонентом. Линейный искатель, осуществляя пробу на занятость линии вызываемого абонента, посылает вызывающему абоненту сигнал «Занято», если она занята, и сигнал «Посылка вызова», если она свободна. При ответе вызываемого абонента (снятие микротелефонной трубки) линейный искатель прекращает выдачу сигнала «Посылка вызова» и подает ток питания в аппараты вызываемого и вызывающего абонентов. После окончания разговора между абонентами, когда микротелефонные трубки положены на рычаги аппаратов, линейный искатель освобождается и отключает оборудование станции, которое участвовало в данном соединении.

В известном смысле линейный искатель является независимым по управлению коммутационным прибором, поскольку он обеспечивает посылку сигнала занятости, вызывных сигналов, подачу питания в микрофонные цепи телефонных аппаратов и, наконец, разъединение.

Если на телефонной станции нет необходимости устанавливать групповые искатели, то ее можно полностью построить на искателях вызова и линейных иска-

телях. За пределами США линейный искатель называют оконечным искателем [1].

На рис. 6.2*а* дана структурная схема телефонной станции шагового типа на 1000 номеров, а на

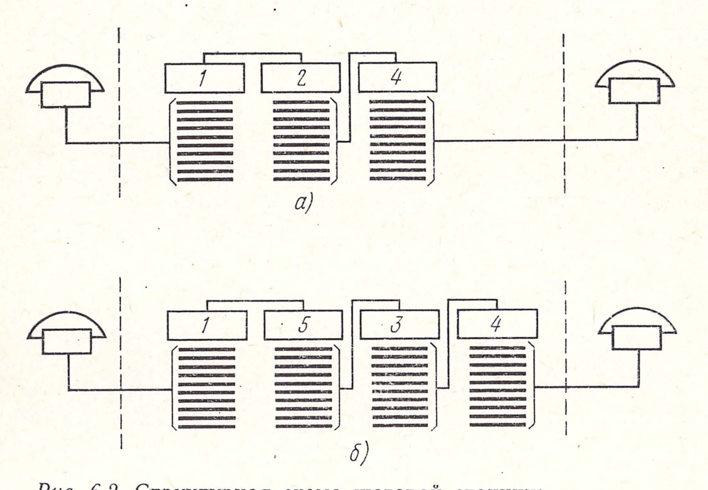


Рис. 6.2. Структурная схема шаговой станции:
а — на 1 000 номеров; *б* — на 10 000 номеров;

1 — искатель вызова ИВ; *2* — групповой искатель ГИ; *3* — искатель второй ступени группового искания IIГИ; *4* — линейный искатель ЛИ; *5* — искатель первой ступени группового искания IГИ

рис. 6.2*б* — на 10 000 номеров, в которую введена дополнительная ступень группового искания.

НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ТИПОВОЙ ШАГОВОЙ СИСТЕМЕ

В системах с непосредственным управлением, которые иногда называют системами с непосредственным последовательным управлением [2], групповые и линейные

[1] Технический термин, принятый в СССР для обозначения искателей последней ступени искания на шаговых АТС, «линейный искатель» является эквивалентом английского термина «connector», который переводится как «соединитель» или «линейный соединитель». В то же время принятый в СССР термин «групповой искатель» является эквивалентом английского термина «selector», который имеет смысл «искатель», может быть применим не только к ступени группового, но и линейного искания. Наличие в русском языке двух терминов не вызывает разночтений, в то время как в английском языке автор вынужден оговаривать, какой именно искатель имеется в виду. *(Примеч. перевод.)*

[2] В нашей литературе шаговые системы относят к системам с непосредственным управлением и прямым установлением соединения. *(Примеч. перевод.)*

искатели работают под управлением импульсов набора номера, поступающих из аппарата абонента. Сигналы, отображающие списочный номер абонента, не только «запускают» соответствующие коммутационные механизмы, но и управляют обменом сигналов при межстанционной сигнализации в пределах некоторой зоны.

Устройство управления шаговым искателем, которое служит для приема импульсов набора номера, управления процессом искания, выполнения пробы на занятость выбранной линии, посылки сигнала занятости, а также разъединения, конструктивно совмещено с самим искателем и образует единый прибор. Кроме того, на каждой станции используется множество специализированных переключателей для управления моментами посылки сигнала «Ответ станции», вызывных сигналов, подключения источников питания, а также выполнения разного рода операций, необходимых для контроля и наблюдения за соединениями. В состоянии «разговора» искатели выполняют только функции обеспечения соединения, все другие функции ими в этом состоянии не выполняются.

Следует отметить, что шаговые станции с непосредственным управлением являются негибкими в том отношении, что они требуют жесткого закрепления абонентских линий за искателями ступени линейного искания в точном соответствии с их списочными номерами. Вместе с тем эти станции обладают рядом черт, которые делают их привлекательными для использования в качестве станций определенного назначения. Особенно это справедливо в отношении станций малой емкости, когда их применение оказывается весьма эффективным и экономически выгодным. Телефонные станции шаговой системы в течение десятилетий использовались в качестве сельских станций и городских станций малой емкости. В других странах декадно-шаговые станции использовались в качестве станций малой и средней емкостей[1]. Шаговые системы с непосредственным управлением использовались и как системы большой емкости, однако при этом отчетливо проявились недостатки этой системы, обусловленные самим характером построения системы коммутации и системы управления.

---

[1] В нашей стране декадно-шаговые станции получили широкое распространение в качестве городских и районных станций емкостью до 10 000 номеров (АТС-54), учрежденческих (УАТС-49) станций. *(Примеч. перевод.)*

Чтобы обеспечить требуемое качество обслуживания, на шаговых станциях приходится ставить много лишнего оборудования, поскольку процесс поиска и выбора свободной соединительной линии на предыдущей ступени идет без учета возможности блокировки на следующей ступени вследствие занятости промежуточных соединительных линий. Кроме того, на этих станциях необходимо иметь сравнительно большое число ступеней коммутации и согласовывать их с цифрами кода каждой станции, являющимися частью списочного номера абонента, что делает систему весьма негибкой.

Маршрутизация вызова в системе с непосредственным управлением требует организации прямых соединений между станциями сети, что является неэкономичным в условиях большой сети, где могут быть значительные колебания нагрузки. Более экономичное построение сети шаговых станций возможно с использованием транзитных коммутационных центров[1]. Однако при этом также возникают трудности согласования работы транзитных станций со станциями, имеющими между собой непосредственную связь.

Наиболее простым путем решения проблемы организации связей на сети с шаговыми станциями явилось введение разграничения между системой нумерации с фиксированным кодом станции и системой организации межстанционных связей, а также использование преобразованных «направляющих» кодов вместо кодов станций. Это позволило обеспечить более эффективное использование оборудования коммутации и соединительных линий. Система коммутации, которая позволила реализовать указанные возможности, известна как «Директор-система». Нарушение жесткой связи между списочными кодами телефонных станций и системой межстанционных соединительных линий, помимо более экономичной организации маршрутизации вызова на сети, давало и другие преимущества, связанные с повышением использования линий за счет создания более крупных пучков соединительных линий, с возможностью изменения маршрута прохождения соединения по сети в условиях изменения нагрузки и т. д.

---

[1] В нашей литературе транзитные центры называют коммутационными узлами. *(Примеч. перевод.)*

Директор-система была введена в эксплуатацию в 1923 г., явившись удачным компромиссом между шаговыми станциями с непосредственным управлением и системами с элементами общего управления. Дело в том, что директоры, представляющие собой электромеханические регистры-трансляторы, были спроектированы таким образом, что могли работать с существующим оборудованием шаговых станций.

На рис. 6.3 приведена система директор, используемая на шаговых станциях. После снятия микротелефон-

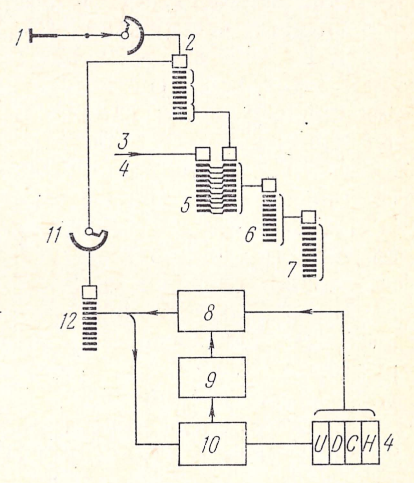


Рис. 6.3. Директор-система АТС:

1 — номер абонента; *2* — IГИ кодовый; *3* — входящие соединительные линии; *4* — только числовые коды; *5* — IГИ местный; *6* — IIГИ; *7* — ЛИ; *8* — передатчик; *9* — транслятор; *10* — ВС переключатель приема второго и третьего символов кода; *11* — СИ символа *A*; *12* — ГИ символа *A*

ной трубки аппарат вызывающего абонента подключается через ступень предварительного искания к релейному комплекту группового искателя первой ступени группового искания (первому кодовому ГИ). Одновременно с этим он подключается к смешивающему искателю (СИ), который отыскивает свободный искатель директоров. Под действием первой набранной абонентом цифры искатель директоров выбирает требуемую группу директоров, а затем свободным исканием находит незанятый директор в выбранной группе. Искатель директоров реализуется на декадно-шаговом искателе с двумя движениями: первое — подъемное — происходит принудительно под действием импульсов набора номера, а

второе — вращательное — происходит автоматически и соответствует свободному исканию. Директор принимает и фиксирует оставшиеся второй и третий знаки кода требуемого направления, а также четыре знака номера абонента в соответствующей станционной группе. Как только директор примет код направления (т. е. после третьей цифры номера), он начинает вырабатывать новый преобразованный код направления. Первая цифра преобразованного кода фиксируется в первом кодовом ГИ, который осуществляет обычное групповое искание линии к следующей ступени коммутации. Оставшиеся цифры преобразованного кода фиксируются на последующих ступенях искания до тех пор, пока соединение не достигнет станции назначения. Тогда директор выдает четырехзначный номер вызываемого абонента в числовом коде без преобразования. Под действием импульсов, соответствующих передаваемому четырехзначному коду, включаются искатели станции назначения, которые работают как обычные искатели шаговой АТС. В результате окончательно устанавливается соединение с аппаратом вызываемого абонента.

По окончании выдачи кода номера аппарата абонента директор отключается и освобождается. Одновременно освобождается и искатель директоров. Линия вызывающего абонента оказывается соединенной с первым кодовым ГИ. Освобожденные директор и искатель директоров могут быть вновь заняты для обслуживания следующего соединения.

Преимущества директор-системы. Описанный способ преобразования (трансляции) кодов был использован в телефонных системах Англии. Этот способ освобождал абонента от необходимости набирать все цифры номера, определяющие маршрут прохождения соединения, что позволило установить единую систему кодирования станций на всей Лондонской сети, а также организовать сложные транзитные связи в пределах метрополии.

Таким образом, принцип непосредственного управления был видоизменен. Шаговая система, построенная так, чтобы исключить необходимость в услугах оператора, была теперь модифицирована для совместной работы с устройством по преобразованию и интерпретации кодов станции. Итак, было положено начало для создания систем регистрового типа.

Недостатки директор-системы. Максимальное число

используемых групп директоров равно восьми. Это объясняется тем, что цифры 1 и 0 не используются на ступени искания директоров. Каждая группа директоров позволяет транслировать до 100 кодов. Система с регистрами-трансляторами, которая не применяет *А*-символ на ступени группового искания (т. е. она транслирует все набираемые абонентом цифры номера), позволяет сформировать большее число кодов и предоставляет большие возможности.

Кроме того, директор-система обязательно предусматривает транзитные соединения, что приводит к более высокой вероятности потерь вызовов, поскольку повреждение контактов, участвующих в формировании разговорного тракта, будет основной причиной несостоявшихся соединений. Проблема контакта в наши дни возможно и не является столь острой, поскольку современные коммутационные приборы являются более совершенными и надежными, однако она достаточно серьезна и с ней необходимо считаться при модернизации сети.

И наконец, поскольку директоры являются лишь дополнительным приспособлением к существующей шаговой системе, то для их построения были использованы все прежние методы выбора маршрута соединений. Они определяют лишь станцию назначения, а четырехзначный код абонента поступает на местную ступень группового искания. Если оказывается, что требуемое направление занято, то система теряет свою гибкость и не может изменить маршрут соединения, чтобы направить его по другому пути. Поэтому данное соединение может оказаться несостоявшимся и вызов будет потерян.

ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ВИДОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ НА СТРУКТУРУ ШАГОВЫХ АТС

Введение прямого дистанционного набора или, как говорят в Англии и других странах мира, автоматического абонентского набора[1] привело к новым проблемам в отношении шаговых станций. В частности, в Англии, где телефонная система шагового типа является национальной системой, возникла необходимость во введении специального оборудования регистров-транслято-

[1] В нашей литературе этот вид обслуживания носит название автоматической междугородной связи. (*Примеч. перевод.*)

ров дополнительно к директорам. Это оборудование, названное управляющим регистром-транслятором, было предназначено для хранения полного номера абонента при установлении междугородных соединений в пределах страны, а также для хранения информации о маршрутизации соединений. Эти устройства, называемые национальными, были распределены по станциям и могли вести между собой обмен информацией при установлении междугородных соединений точно так же, как это делали бы операторы ручных телефонных станций. Другие устройства, добавляемые к шаговым системам, называются местными. К ним относятся входящие регистры-трансляторы, которые обрабатывают информацию поступающую от соседних станций. Эти устройства по объему меньше, чем управляющие регистры-трансляторы. В оборудовании национальных и местных регистров предусмотрены приборы учета стоимости переговоров.

В США при приспособлении шагового оборудования к условиям прямого дистанционного набора столкнулись с аналогичными проблемами. В результате такие телефонные компании, как «Automatic Electric» и «Stromberg-Carlson», ввели на шаговых АТС дополнительное оборудование в виде регистров-трансляторов. При этом, хотя и казалось, что это оборудование в первую очередь необходимо ввести на станциях большой емкости, тем не менее растущие требования новых видов обслуживания привели к необходимости введения этого оборудования и на шаговых станциях малой емкости.

Последующие разработки в области создания новых телефонных аппаратов и введения кнопочного набора номера, который впервые был осуществлен в 1960 г., потребовали модификации шаговых станций для обеспечения такого вида обслуживания. Фактически, чтобы предоставить дополнительные услуги абонентам, необходимо было вновь вводить оборудование регистров-передатчиков или же оборудование, специально предназначенное для предоставления только данного вида услуги.

УПРАВЛЯЮЩИЕ РЕГИСТРЫ-ТРАНСЛЯТОРЫ

Управляющий регистр-транслятор, схема которого показана на рис. 6.4, состоит из:

1) блока памяти, в котором поступающая на вход информация запоминается цифра за цифрой;

2) блока идентификации кодов, в котором принятый код опознается и выделяется из всех других возможных кодов;

3) блока трансляции (преобразования), где осуществляются все требуемые преобразования кодов;

4) блока передачи, который необходим для передачи информации о начислении платы за переговоры и

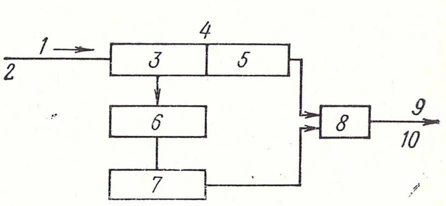


Рис. 6.4. Основные блоки управляющего регистра-передатчика:

1 — вход; *2* — цифры кода и цифры номера; *3* — цифры кода; *4* — блок памяти; *5* — цифры номера; *6* — блок идентификации кодов; *7* — блок трансляции; *8* — передатчик; *9* — выход; *10* — трансляция и повторение

информации о маршруте, получаемой после трансляции кода, а также для повторения всей или части исходной информации, которая хранится в блоке памяти.

Типовой английский электромеханический транслятор (рис. 6.5) работает следующим образом. Группа ре-

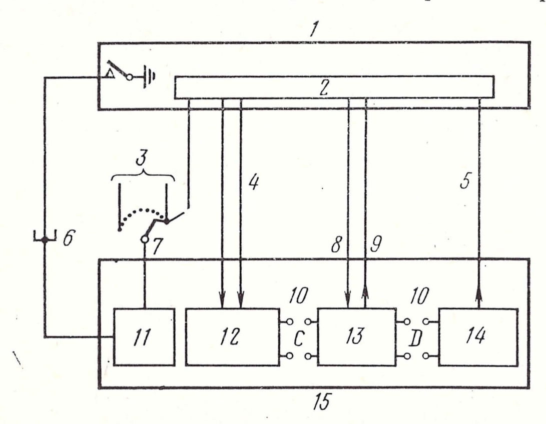


Рис. 6.5. Электромеханический управляющий регистр-транслятор:

1 — регистр; *2* — подключающие реле; *3* — к другим регистрам в группе; *4* — цифры кода 1, 2 и 3 (4 и 5); *5* — информация о порядке начисления платы за переговоры; информация о маршрутизации соединения; *6* — пусковой провод; *7* — искатель регистров; *8* — номер по требованию; *9* — инструкции; *10* — кроссировочное поле; *11* — устройство управления искателем регистров; *12* — релейная схема идентификации кодов; *13* — релейная схема трансляции; *14* — релейная схема кодирования цифр и трансляции; *15* — транслятор

гистров подключается к одному транслятору. После занятия регистра, приема и запоминания первых трех цифр кода, набираемого абонентом, он маркирует линию, соединенную с полем искателя регистров. Искатель регистров отыскивает занятый регистр и подключается к нему. При поступлении требований от нескольких регистров, которые обслуживаются одним транслятором, транслятор будет работать с регистрами в порядке очередности, определяемой в соответствии с порядком их включения в поле искателя регистров.

После того как найден транслятор, который может обслуживать данный регистр, в нем включается группа реле, позволяющая транслятору и регистру работать как единой системе. Чаще всего оказывается достаточным выполнить трансляцию трехразрядного кода. В этом случае транслятор задействует реле трансляции, состояния которых определяют информацию о маршруте и о порядке начисления платы за переговоры. Затем две цифры кода возвращаются в регистр. Одна из них указывает, какие цифры из хранимого в памяти полного (национального номера) номера абонента нужно передать в соответствии с цифрами номера, определяющими маршрут следования, а другая указывает тариф для начисления платы за переговоры. Если оказывается, что трансляции трех цифр недостаточно, то реле трансляции не задействуются и посылается обратный сигнал в регистр, который указывает, что после приема четвертой (или же четвертой и пятой) цифры следует предпринять еще одну попытку передачи информации.

После принятия информации о плате за переговоры и передачи соответствующей инструкции регистр отключается от транслятора, который теперь может быть использован для обслуживания следующего требования, поступающего от других регистров. Работа регистра и транслятора строится таким образом, что из транслятора в регистр после преобразования возвращается только одна цифра — та, которую указывает сам регистр. Указания о порядке начисления платы за разговор передаются из регистра в некоторое релейное устройство, которое в соответствии с полученной информацией выбирает скорость работы счетчика учета длительности переговоров. Последующие цифры номера, которые вновь поступают в транслятор, используются для выбора маршрута соединения; они передаются регистром через некоторую релейную схему на ступень группового искания

соединительных линий, где используются для управления вынужденным движением групповых искателей. Если оказывается, что передаваемая цифра является последней цифрой номера, то транслятор посылает дополнительный сигнал, указывающий, что это последняя цифра номера. Связь регистра и транслятора строится таким образом, что после посылки требования в транслятор регистр контролирует длительность интервала, в течение которого он ожидает получения ответа из транслятора; контрольное время составляет 6 с. Если в течение этого времени ответ из транслятора не получен, то считается, что имеет место повреждение; в этом случае транслятор отключается, снимается с обслуживания и вырабатывается соответствующий звуковой сигнал «тревоги».

В трансляторе имеется специальное кроссировочное поле *C*, которое дает возможность производить различные кроссировки в соответствии с изменениями кодов трансляции или же в связи с введением дополнительных кодов трансляции, время от времени возникающими на станции. Второе кроссировочное поле *D* предусмотрено для выполнения различных кроссировок, связанных с изменением кода, используемого для передачи информации из транслятора в регистр. В качестве кода может использоваться код «2 из 6», который сам по себе содержит элементы самопроверки, или строится некоторая позиционная система кодирования, основанная на передаче двоичных сигналов по четырем проводам с введением двух дополнительных проводов для проверки правильности передаваемой информации.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРОННЫЕ ТРАНСЛЯТОРЫ

Для решения проблемы управления и маршрутизации на сетях с декадно-шаговым оборудованием в США в начале шестидесятых годов компания «Automatic Electric» ввела в эксплуатацию директор-систему серии 100, которая была аналогична директор-системе, используемой в Англии. Эта система содержала регистры-трансляторы, построенные таким образом, что часть системы, включающая регистры-передатчики, была электромеханической, а часть системы, включающая схемы трансляции, — электронной. Как видно из рис. 6.6, между ступенью обратного предыскания (искателем вызова) и первой ступенью группового искания вводится ре-

лейное устройство, обеспечивающее подключение выходов ступени обратного предыскания к регистрам и передатчикам. Следует отметить, что введение этого дополнительного устройства не потребовало внесения каких-либо изменений ни в сами искатели, ни в стативы, на которых они установлены.

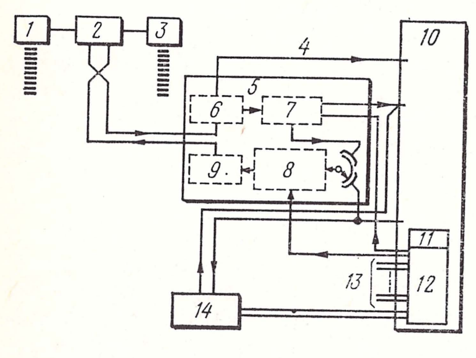


Рис. 6.6. Директор серии 100 компании «Automatic Electric» (регистр-транслятор), используемый на существующих телефонных станциях шагового типа:

1 — искатель вызова ИВ; *2* — релейная схема подключения; *3* — IГИ; *4* — класс обслуживания; *5* — регистр-передатчик; *6* — регистр; *7* — ЗУ для хранения номера вызываемого абонента; *8* — устройство сопряжения электронной и электромеханической частей схемы; *9* — передатчик; *10* — транслятор; *11* — генератор; *12* — временно́е разделение; *13* — к другим регистрам-передатчикам; *14* — устройство подключения к трансляторам (монитор)

К 1965 г. было разработано два типа директор-системы серии 100: типа 101 для местных (городских или районных) и типа 102 для междугородных станций. Однако схемные решения в обоих типах директоров были аналогичными, т. е. регистры-передатчики были электромеханическими, а трансляторы — электронными.

В регистре-передатчике переданные при наборе номера цифры запоминаются в устройстве памяти, построенном на реле. Эти реле монтируются на печатных платах из расчета хранения двух знаков номера на одной плате. Устройство памяти хранит информацию в коде «2 из 5». Преобразованная информация о маршрутизации соединения не запоминается в регистре, а передается непосредственно из транслятора. Чтобы первая цифра номера не попала на первую ступень группового искания, цепь подключения релейного устройства к IГИ разрывается. Произведя соответствующий перемонтаж схемы регистра, можно сделать так, чтобы регистр-передатчик мог повторить первую набранную цифру и передать ее на ступень группового искания. При этом допускается повторение и других цифр набранного номера,

однако разрешение на повторную передачу этих цифр выдает транслятор.

Регистр-транслятор типа 101 предусматривает быстрое отключение в тех случаях, когда набранный абонентом номер указывает на то, что регистр-транслятор использовать не нужно. При этом все последующие цифры номера поступают непосредственно на ступени искания шаговой станции. Возможность отключения регистра-транслятора на ранней стадии установления соединения является очень важной, поскольку позволяет уменьшить число регистров-передатчиков, которое необходимо установить на станции. Такое отключение регистра-транслятора оказывается возможным потому, что в системе 101 некоторые вызовы могут быть обслужены обычным порядком, как это делается при непосредственном управлении шаговыми искателями с помощью импульсов набора номера. Релейное устройство подключения регистров-передатчиков содержит подключающее реле (по одному на каждый искатель вызова) и релейные искатели (по два на каждый регистр-передатчик). Схема управления обслуживает 100 релейных устройств подключения и 12 регистров-передатчиков. Регистр-транслятор типа 101 применяется на местных центральных станциях шагового типа и позволяет ввести такие новые виды обслуживания, как прямой междугородный набор номера, работу с телефонными аппаратами с кнопочными номеронабирателями, а также работу со станциями, использующими многочастотную сигнализацию, и др.

НОВЫЕ ТИПЫ РЕГИСТРОВ-ТРАНСЛЯТОРОВ

Назначение регистра-транслятора типа 102 то же, что и управляющего регистра-транслятора, используемого на междугородных коммутационных станциях (центрах групповой коммутации) в Англии. Он предназначен для установления исходящих соединений, идущих к станциям более высокого уровня, а также для облегчения установления входящих соединений, идущих от станций четвертого или более высокого класса к станциям пятого класса. Основные функции регистра-передатчика следующие: 1) прием адресной информации, поступающей либо от оператора, либо из передатчика предыдущей телефонной станции; 2) хранение принятой информации и подготовка на ее основе маршрута следования

соединения; 3) работа в качестве связующего звена с транслятором. Обмен сигналов между отдельными видами оборудования может происходить либо с помощью импульсов постоянного тока, либо с помощью многочастотных сигналов в коде «2 из 6». Регистр-передатчик может принимать эти сигналы либо из комплекта соединительной линии, либо от оператора; при этом использование многочастотной сигнализации является более предпочтительным.

Записанный в ЗУ номер вызываемого абонента используется для выбора направления и занятия в нем соединительной линии. С этой целью из регистра на соответствующую ступень группового искания передается серия импульсов набора номера. Следует заметить, что после занятия соединительной линии к требуемой станции директор может перейти к многочастотной сигнализации, если окажется, что выбранная станция применяет этот вид сигнализации.

Регистр-передатчик может хранить до 14 цифр номера. При этом они могут переводиться в код «2 из 5» и храниться в ЗУ на язычковых реле. На рис. 6.7 показа-

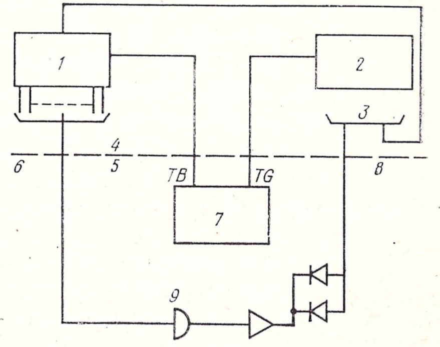


Рис. 6.7. Схема взаимосвязей регистра-передатчика типа 102 и транслятора, разработанных фирмой «Automatic Electric»:

1 — кодовые язычковые реле; *2* — релейная схема хранения преобразованной информации; *3* — цепочка последовательно включенных реле; *4* — регистр-передатчик; *5* — транслятор; *6* — секция транслятора; *7* — формирователь временно́го разделения; *8* — секция выбора направления; *9* — И

на схема взаимосвязи регистра-передатчика и транслятора, который содержит логические схемы, построенные, главным образом, на элементах И, ИЛИ, инверторах и усилителях. Транслятор содержит также программную панель, на которой можно производить различные переключения логических схем внутри системы, а также изменять способы преобразования кодов (трансляции). Обычно на станции имеется два тран-

слятора, один из которых — резервный. Один транслятор может обслуживать до 100 регистров-передатчиков, причем работа транслятора ведется на базе разделения времени обслуживания. Поскольку транслятор полностью реализован на электронных элементах, то регистр-передатчик может выполнять такие функции, как стирание одного блока номера, формирование цифрового заголовка номера, организация обходных направлений[1].

При работе на междугородной станции транслятор должен обеспечивать преобразование не менее трех цифр номера. Если транслятор имеет возможность выбирать ряд направлений по коду зоны, то в нем может выполняться преобразование шести цифр кода зоны и кода станции. При этом в трансляторе предусматриваются специальные схемы преобразования кодов ближних станций, т. е. станций, расположенных в зоне данной междугородной станции, а также оборудование для преобразования кодов зон и кодов станций других зон. Транслятор предоставляет практически неограниченные возможности по преобразованию кодов направлений.

Одной из особенностей регистра-транслятора типа 102 является возможность выбора обходных направлений. Если в процессе установления соединения оказывается, что направление с высоким использованием соединительных линий, по которому предполагалось направить соединение, оказалось занятым, то выбирается другой обходный путь. Выполнение поиска обходных путей и установление новых соединений требуют от транслятора достаточно большой гибкости в преобразовании кодов, поэтому в некоторых случаях возникает необходимость во введении заголовка, составленного из нескольких цифр, который ставится впереди кода станции, в которую включена линия вызываемого абонента.

МИНИПЕРЕДАТЧИК

Поскольку регистры-передатчики вводятся, главным образом, на существующих шаговых станциях, то желательно, чтобы это оборудование было бы компактным и занимало как можно меньше места. Особенно это важно в отношении малых телефонных станций шагового типа. Компанией «Stromberg-Carlson» было разрабо-

---

[1] Все перечисленные термины определены в глоссарии. (*Примеч. перевод.*)

тано такое компактное оборудование, которое получило название «минипередатчик». Площадь, занимаемая этим передатчиком, составляет 0,743 м^2. Несмотря на свое название, минипередатчик, по существу, является регистром-транслятором, предназначенным для шаговых станций емкостью до 1000 номеров. Он может также использоваться и на шаговых станциях емкостью до 2000 линий, на которых устанавливается дополнительный шкаф оборудования высотой 0,9 м. Минипередатчик выполняет все функции регистра-транслятора, которые были описаны в предыдущих разделах, и состоит из двух частей: электромеханической и электронной. В первой сосредоточено оборудование подключения регистра-транслятора к шаговой станции, а во второй находятся два полных комплекта электронных регистров-трансляторов. Два комплекта оборудования позволяют вести обслуживание одновременно до 10 вызовов, а при использовании дополнительного электромеханического оборудования число одновременно обслуживаемых вызовов можно довести до 20.

Регистр-передатчик, который может хранить до 12 цифр абонентского номера, имеет специальное устройство, которое позволяет вести обработку информации о номере абонента, содержащем до 15 цифр. При этом три первые цифры могут быть записаны в память, а после списывания и обработки стерты из памяти, предоставляя место в памяти для хранения последующих 12 цифр. Например, трехзначный код перехода к прямому междугородному набору, первоначально записанный в память, может быть стерт, тем самым освобождая регистр-передатчик и позволяя хранить другие дополнительные цифры, число которых может достигать 12.

В электронной части транслятора осуществляется последовательный анализ полученной информации и вырабатывается соответствующая информация о маршруте прохождения соединения или же инструкции, по которым выполняются определенные операции, предшествующие выдаче импульсов набора номера. Для некоторых кодов или группы кодов транслятор может вырабатывать конкретные указания по выбору маршрута следования соединения: по пути первого выбора или по обходным направлениям, число которых может доходить до трех.

Регистр-транслятор — это устройство с временным разделением каналов и сигналов. Время своей работы

он разделяет последовательно на интервалы таким образом, что может вести обслуживание до десяти вызовов одновременно. Каждый временно́й интервал, отведенный для одного вызова, называют временем обращения (адресации) к ячейке. Период повторения временно́го интервала ячейки составляет 2,8 мс, длительность интервала выбирается такой, чтобы дать возможность записать в память 32 четырехразрядных двоичных слова, которые могут потребоваться в ходе обслуживания вызова. «Адрес ячейки» в этом случае представляет собой некоторый сигнал управления, используемый при обработке информации, относящейся к определенному обслуживаемому вызову. Информация о переходах из состояния, когда микротелефонная трубка покоится на рычажном переключателе, в состояние, когда она снята, поступает в каждый (с 1 по 10) приемник набора номера через схему сопряжения и логические элементы НЕ-И, на которые поступает также сигнал «адрес ячейки». Такое построение тракта передачи информации связано с тем, что в регистре-трансляторе используется динамическая память с регенерацией, имеющая десять ячеек. «Адрес ячейки», по существу, указывает тот интервал времени, который отведен для определенного приемника импульсов набора номера (DPA). Таким образом, около 357 раз в секунду или каждые 2,8 мс появляется «адрес ячейки», который определяет наличие или отсутствие потенциала земли на контактах реле *СВ* в приемнике DPA (рис. 6.8).

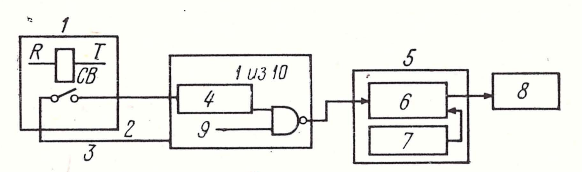


Рис. 6.8. Использование адреса ячейки для управления отдельными схемами минипередатчика фирмы «Stromberg-Carlson» (Stromberg-Carlson Corp.):

1 — механический приемник; *2* — электронный блок; *3* — земля; *4* — интерфейс; *5* — анализатор импульсов; *6* — устройство обнаружения состояния снятой микротелефонной трубки; *7* — импульсный счетчик времени; *8* — память; *9* — сигнал «Адрес ячейки» СА

Импульсный анализатор производит отсчеты значений сигналов при наборе номера. Если используется стандартная последовательность импульсов набора но-

мера, то анализатор производит отсчеты много раз в течение обычного импульса, соответствующего одной цифре. Эти отсчеты поступают в устройство распознавания состояния микротелефонной трубки — снята она или же покоится на рычажном переключателе (это устройство называют также детектором состояния микротелефонной трубки). Детектор работает совместно с электронным задающим генератором. Распознав состояние микротелефонной трубки и используя импульсную последовательность, поступающую от задающего генератора, импульсный анализатор определяет число импульсов, которое было принято при наборе данной цифры.

В конце приема каждой цифры (с первой по шестую) включается транслятор; это происходит до тех пор, пока не станет ясным требование относительно маршрута прохождения соединения. Способность подключаться к линии до 350 раз в секунду позволяет транслятору обеспечить постоянную скорость передачи информации с постоянным межсерийным (межцифровым) временем, равным 640 мс вне зависимости от того, с какой скоростью сам абонент осуществляет набор номера. Различают два режима работы транслятора: режим поиска направления и маршрута и автоматический режим. Схема передачи информации и последовательность включения блоков трансляции представлены на рис. 6.9. Полная структурная схема минипередатчика показана на рис. 6.10.

Рис. 6.9. Схема передачи информации и последовательность включения блоков трансляции:

1 — входящий распределитель цифр; *2* — анализатор импульсов; *3* — сигнал окончания серии; *4* — память; *5* — выбранный интервал времени; *6* — часть входящего распределителя цифр; *7* — схема подключения к транслятору; *8* — транслятор; *9* — выходное буферное ЗУ транслятора

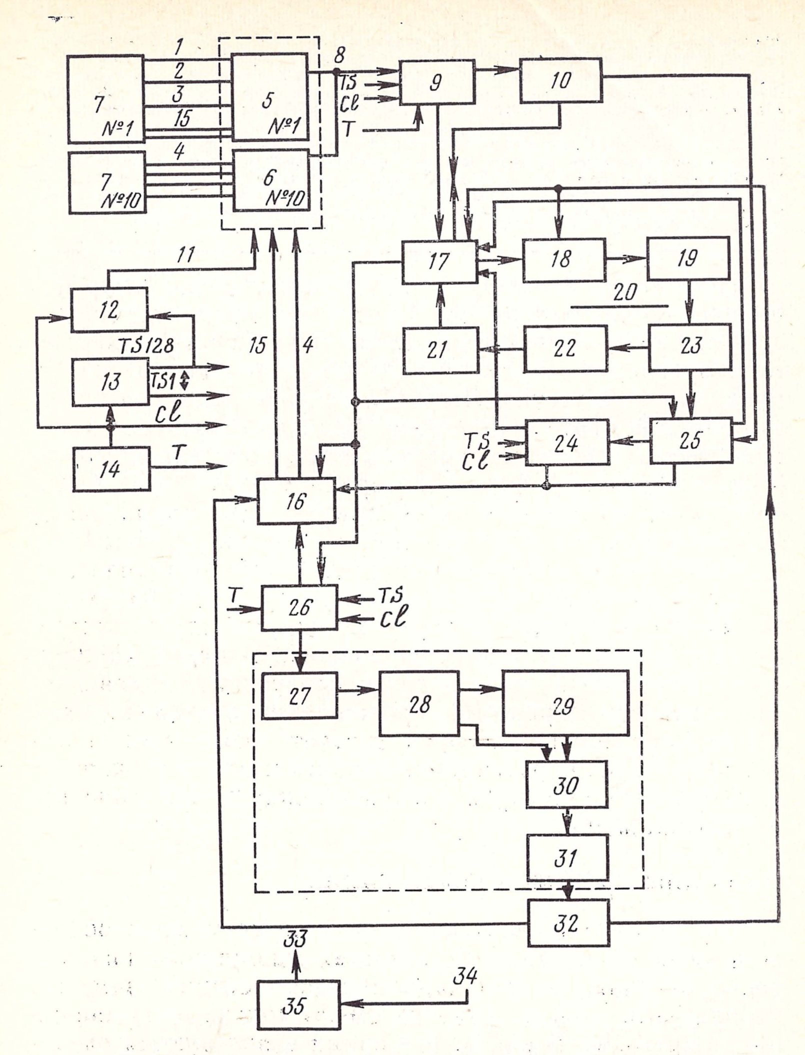


Рис. 6.10. Схема минипередатчика, разработанного фирмой «Stromberg-Carlson» (Stromberg-Carlson Corp.):

1 — прерывание набора; *2* — занятие; *3* — микротелефонная трубка снята; *4* — выдача импульсов; *5* — электронное устройство сопряжения № 1; *6* — электронное устройство сопряжения № 10; 7 — механический приемник № 10; *8* — шина для передачи сигнала о снятии микротелефонной трубки; *9* — анализатор импульсов; *10* — входящий распределитель цифр; *11* — адрес ячейки; *12* — генератор адресов ячеек; *13* — задающий генератор временных интервалов; *14* — устройство синхронизации; *15* — релейный регистр; *16* — устройство выдачи импульсов; *17* — буферное ЗУ; *18* — входной сдвигающий регистр на 18 бит; *19* — память емкостью 1300 бит; *20* — память емкостью 1440 бит; *21* — выходной сдвигающий регистр на 18 бит; *22* — память емкостью 100 бит; *23* — сдвигающий регистр на 16 бит, используемый при обработке информации; *24* — местное устройство; *25* — ЗУ, используемое при обработке информации; *26* — схема

подключения к транслятору; *27* — транслятор; *28* — коды; *29* — необязательные услуги: контролируемая маршрутизация (перехват), трансляция шестизначного кода, управление кодом выписки счетов при междугородных переговорах; *30* — карты маршрутов; *31* — изменение инструкций маршрутизации; *32* — выходное буферное ЗУ транслятора; *33* — сигнал «тревоги»; *34* — из контрольных точек системы; *35* — сканнер контрольных точек.

Дополнительные возможности системы: контроль маршрутизации (перехват); маршрутизация с прерыванием; организация обходных направлений; преобразование в параллельный код; выдача сигналов набора номера многочастотным кодом; управление кодом выписки счетов при междугородных переговорах; трансляция шестиразрядных кодов; различение категорий (класса) обслуживания

Транслятор использует одну или несколько цифр набранного кода номера для того, чтобы предоставить доступ к карте маршрутов, содержащей инструкции по маршрутизации соединения и направлению вызова в пункт его назначения. Все действующие коды соответствуют такой карте маршрутов. Если предполагается использование обходных путей, то код сопоставляется со второй картой маршрута, которая теперь уже будет содержать инструкции, необходимые для направления вызова в пункт его назначения по обходному пути. Содержимое карт «программируется» при изготовлении минипередатчиков, однако для случаев, когда необходимо внести изменения в карту маршрутов, предусмотрена специальная панель переключений. В карте маршрутов могут быть произведены следующие изменения: 1) изменение маршрутов прохождения соединений или их перекомпоновка, которая требует изменения инструкций по маршрутизации, записанных на картах; 2) изменение категории обслуживания; 3) введение нового направления.

МАШИННЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ

Около 10% абонентских линий во всем мире обслуживаются телефонными станциями машинного типа, которые отличаются от декадно-шаговых станций тем, что используемые в них искатели имеют только одно движение — круговое. В настоящее время используются следующие три типа таких искателей: 1) EMD, разработанный фирмой «Сименс» и введенный в эксплуатацию в 1955 г.; 2) искатель международной телефонной и телеграфной компании (ITT), который первоначально был разработан в Бельгии в 1923 г.; 3) 500-линейный искатель фирмы «L. M. Ericsson», который был введен в эксплуатацию в 1923 г.

Все системы коммутации, использующие искатели с круговым движением щеток, — это системы с последо-

вательным характером установления соединения, в которых искатели (вызова) на ступени предыскания и искатели на ступени группового искания соединены между собой так же, как и в шаговых системах. Однако существуют два главных отличия этих систем от шаговых: 1) искатели в них приводятся в движение мотором, поэтому они обычно работают непрерывно, а не шагами под действием импульсов набора номера, как это имеет место в искателях Строуджера в шаговых системах; 2) все основные машинные системы АТС содержат регистровую память, в которой хранится информация о номере вызываемого абонента, и ряд элементов общего управления, что делает эти системы более легко приспосабливаемыми к обеспечению современных видов обслуживания, чем шаговые системы с непосредственным управлением. В общем случае большинство машинных систем относится к системам с управлением регистрового типа, в которых процесс установления соединения носит последовательный характер. Однако некоторые специалисты считают, что эти системы можно отнести к системам с полностью сформированным общим управлением.

МАШИННАЯ СИСТЕМА АТС НА БАЗЕ ИСКАТЕЛЕЙ EMD

Хотя в общем случае моторный искатель EMD может работать непосредственно под управлением импульсов набора номера, обычно все же применяют косвенное управление его работой. В этом случае импульсы набора номера управляют устройством установки искателя в требуемую позицию путем электрического маркирования выходов. Маркирование выходов искателя может быть построено либо на индивидуальной, либо на групповой основе. Способ косвенного управления работой искателя с индивидуальным электрическим маркированием его выходов показан на рис. 5.9. Как видно из рисунка, импульсы набора номера включают специальное реле («шагающее») в релейном комплекте моторного искателя. Контактами этого реле включается цепь маркирования того выхода искателя, который соответствует началу декады, номер которой набран абонентом, или же групповому шагу. Затем включается в работу моторный искатель и путем опробования четвертой контактной щеткой ламелей поля находит маркированный (отмеченный) выход, на котором искатель останавливается. После выбо-

ра декады моторный искатель приступает к поиску линии в выбранной группе или управляемому движению по шагам. Электрическое маркирование декады исключает необходимость в кулачковых контактах и дисках. По завершении процесса искания искатель останется в той самой позиции, в которую он перешел в процессе группового искания, и не возвратится в исходное состояние. В случае группового маркирования импульсы набора номера проходят через релейный комплект моторного искателя в блок общего управления, который обслуживает несколько искателей. Блок управления расшифровывает информацию, заключенную в импульсах набора номера, после чего маркирует требуемый выход в поле искателя.

Способ управления искателем с помощью общего блока управления показан на рис. 6.11. Этот способ

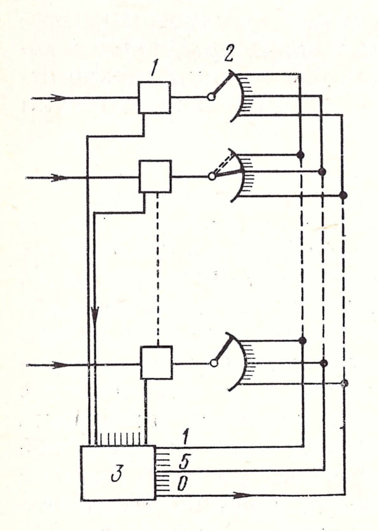


Рис. 6.11. Групповое маркирование в системе с моторными искателями EMD («Siemens Aktiengesellschaft»):

1 — релейный комплект; *2* — искатель; *3* — блок общего управления

является более экономичным по сравнению с индивидуальным маркированием и поэтому более предпочтителен для использования в EMD системах с электрическим маркированием выходов.

В моторном искателе EMD декады контактов поля располагаются не одна над другой, а одна за другой в одной горизонтальной плоскости. Однако контактное поле искателя располагается в двух горизонтальных

плоскостях — одно над другим так, что при полном вращении искателя две контактные щетки, совершающие сложное комбинированное движение вокруг продольной и поперечной осей, могут обеспечить контакт с любым из выходов искателя. Высокая скорость вращения моторного искателя EMD позволяет ему «просматривать» одну декаду контактов в течение длительного одного импульса набора номера, т. е. примерно в течение 100 мс.

Чтобы управлять моторным искателем и останавливать его на требуемом выходе, несмотря на его высокую скорость вращения (порядка 140—160 выходов в секунду), было разработано специальное быстродействующее реле. Это реле подключается к проводу *С* моторного искателя. Время его срабатывания составляет порядка 2 мс, т. е. оно удовлетворяет всем поставленным требованиям.

На моторных искателях EMD можно построить различные коммутационные схемы, включающие ступень обратного предыскания с использованием искателей вызова, а также ступени группового и линейного искания. На рис. 6.12 приведена упрощенная схема станции на

Рис. 6.12. Упрощенная схема АТС на моторных искателях EMD с абонентскими линейными комплектами (АЛК): *1* — абонентская линия; *2* — АЛК; *3* — ИВ; *4* — ЛИ

моторных искателях, в которую введен абонентский линейный комплект (АЛК), предохраняющий занятую абонентскую линию от повторного занятия со стороны других входящих вызовов.

МАШИННАЯ СИСТЕМА AGF ФИРМЫ «ЭРИКССОН»

Машинная система фирмы «Эрикссон» строится на основе 500-линейного машинного искателя. Если число абонентских линий, обслуживаемых станцией, не превышает 500, то вводится лишь одна ступень вынужденного искания — ЛИ (рис. 6.13*а*). Как видно из рисунка, на станции необходимо иметь искатели вызовов, регистры и линейные искатели. На ступени обратного одинарного предыскания, построенной на искателях вызова, линия вызывающего абонента подключается к искателю вызова и регистру. Распределение нагрузки в этом слу-

чае происходит на ступени линейного искания, которая, по существу, является единственной, выполняющей вынужденное искание. Если требуется подключить к станции более 500 абонентских линий, то вводится еще одна ступень коммутации — ступень группового искания (рис. 6.13*б*). При построении станций большей емкости

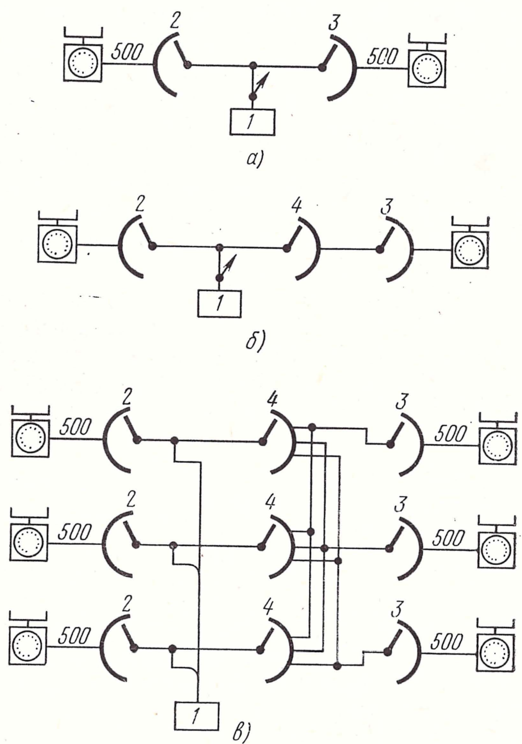


Рис. 6.13. Схемы АТС различной емкости, построенные на 500-линейных искателях фирмы L. M. Ericsson:

а — емкостью 500 номеров; *б, в* — емкостью более 500 номеров;

1 — регистр; *2* — ИВ; *3* — ЛИ; *4* — ГИ

абонентские линии разделяются в 500-линейные абонентские группы (рис. 6.13*в*). 500-линейный искатель имеет два движения: радиальное и круговое.

На ступени группового искания при круговом движении в соответствии с набранной абонентом цифрой номера отыскивается рама, в которой содержатся выходы к группе ЛИ, обслуживающей определенную «пятисотку»

абонентов. При радиальном движении искателя на ступени группового искания отыскивается свободный линейный искатель в выбранной группе. Используя две ступени группового искания, можно построить экономичные схемы коммутации применительно к тысячным абонентским группам.

Как видно из приведенных схем станций, система, построенная на базе 500-линейных искателей фирмы «Эрикссон», является системой с регистровым управлением[1]. Весьма удивительно, что в регистрах используются соединители Кроссбар в сочетании с обычным реле. Соединители предназначены для хранения информации о цифрах номера вызываемого абонента, а реле — для приема импульсов и управления процессом коммутации. Обычно для каждой отдельной цифры используется одна вертикаль соединителя. При наборе абонентом какой-либо цифры формируется последовательность импульсов, в результате чего в релейной схеме срабатывают некоторые реле. Контактами этих реле замыкается цепь маркирования одного из десяти выбирающих электромагнитов МКС, номер которого соответствует набранной цифре. Выбирающий электромагнит притягивает якорь и тем самым заставляет повернуться горизонтальную рейку. Вслед за этим срабатывает удерживающий электромагнит, который определяет вертикаль, где хранится принятая цифра номера. После этого отпускают выбирающий электромагнит и реле в первой релейной схеме, возвращается в исходное положение горизонтальная рейка, освобождается регистр и подготавливается для принятия следующей цифры номера. Передача информации о цифре номера из первой релейной схемы в МКС происходит очень быстро. Для приема обратных импульсов, поступающих из машинного искателя, который должен быть доведен регистром до нужной позиции, вводится вторая релейная схема, подключенная к вертикалям МКС. Эта схема определяет 25 различных позиций в соответствии с числом рам или направлений в поле 500-линейного искателя. В регистре имеется еще одна схема на реле, которая предусмотрена для контроля за включением в работу машинных искателей и последовательным запуском устройств пересчета (трансляции), связанных с МКС.

---

[1] В нашей литературе такой вид управления называют также косвенным. *(Примеч. перевод.)*

Машинные системы фирмы ITT, нашедшие применение во многих странах мира, основаны на оригинальной машинной системе, разработанной фирмой «Белл Систем» в начале XX столетия. Хотя основная система является достаточно старой, все же она оказывается более удобной для приспособления к новым видам обслуживания, чем системы с непосредственным управлением. Фирма ITT ввела в эксплуатацию следующие четыре системы из серии 7:

1) система 7А — система с регистровым управлением, использующая искатели с круговым движением и контактами скольжения, управляемые обратными импульсами. Эта система используется в качестве станций большой емкости;

2) система 7В — система с регистровым управлением, использующая искатели с одним движением, управляемые обратными импульсами;

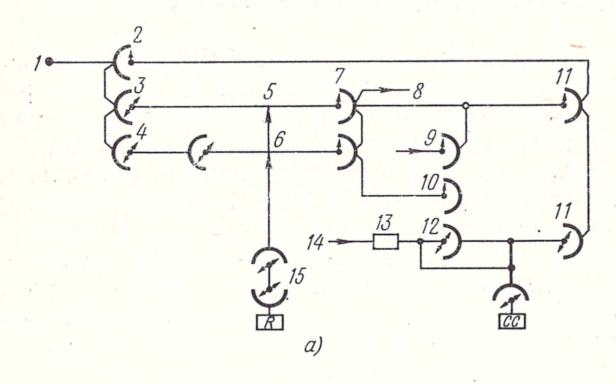
3) система 7D — система с регистровым управлением, использующая искатели с одним движением, управляемые маркерами, которые принимают импульсы, посылаемые регистром. Эта система используется, главным образом, для сельских районов;

4) система 7Е — система с регистровым управлением, использующая искатели с одним движением. В системах применяется непрерывное маркирование искателей переменным током, которое позволяет не подсчитывать импульсы в регистре.

В описанных системах искатели с круговым движением щеток могут отыскивать лишь определенный сектор контактного поля, который должен быть промаркирован путем подачи маркирующего потенциала. На ступени обратного предварительного искания маркирование контактного поля искателя вызова осуществляется из абонентского комплекта, а на ступени группового искания — из комплектов свободных исходящих соединительных линий. Выбор требуемого направления в системах 7А и 7D осуществляется по-разному: в первой системе его выполняет щетковыбиратель, а во второй — специальный маркерный комплект. В системе 7А контакт с линией выбранного направления осуществляется с помощью контактных щеток. В системе 7D маркер осуществляет как бы повторное маркирование, которое совместно с маркированием, производимым комплектом

свободной исходящей линии, определяет ту позицию, в которой должен остановиться искатель.

На ступени линейного искания маркирование линии вызываемого абонента осуществляется также по-разному: в системе 7А это делает регистр, а в системе 7D — маркер. Структурная схема станции типа 7А емкостью 10 000 линий приведена на рис. 6.14*а*, а станции типа



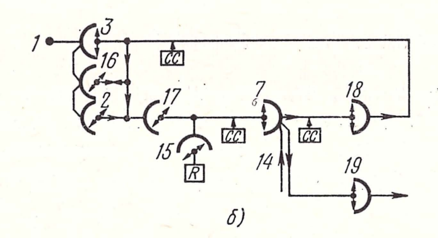


Рис. 6.14. Структурные схемы машинных АТС фирмы ITT (ITT — International Telephone and Telegraph Corp.):

а — система 7А ротари; *б* — система 7DU, используемая в качестве опорной станции;

1 — 10 000 абонентов; *2* — ЛИ; *3* — ИВ; *4* — IИВ; *5* — путь прохождения прямого потока вызовов; *6* — путь прохождения избыточного потока вызовов; *7* — IГИ; *8* — к другим АТС; *9* — входящий IIIГИ; *10* — $\text{IIIГИ}_{\text{спец}}$; *11* — IVГИ; *12* — IIIГИ; *13* — комплект соединительной линии; *14* — линия междугородной связи; *15* — РИ; *16* — ИВ/ЛИ; *17* — IИВ; *18* — IIИВ; *19* — $\text{IIГИ}_{\text{спец}}$

7D, используемой обычно как опорная, — на рис. 6.14*б*. Около 50% от общего числа абонентских линий, обслуживаемых Международной телефонной и телеграфной компанией, приходится на машинные системы типа 7А и около 30% линий — на станции типа 7D.

7 Электромеханические системы координатного типа

Введение координатных систем в США было связано с теми преимуществами, которые они имели по сравнению с панельными системами, широко используемыми «Белл Систем» в тридцатые годы. Координатный соединитель давал возможность осуществлять соединение за более короткое время, имел лучшие технические характеристики, требовал меньшего ухода при эксплуатации. Кроме того, в таких системах достаточно было однократно подключать абонентскую линию к системе, обеспечивая при этом и исходящее и входящее к абоненту соединения, а также можно было увеличивать число линий к УТС без изменения нумерации.

СТАРЫЕ КООРДИНАТНЫЕ СИСТЕМЫ

Координатные системы коммутации были введены в эксплуатацию в Соединенных Штатах в 1938 г. после разработки координатной системы «Кроссбар № 1» (рис. 7.1). В системе «Кроссбар № 1» применяется об-

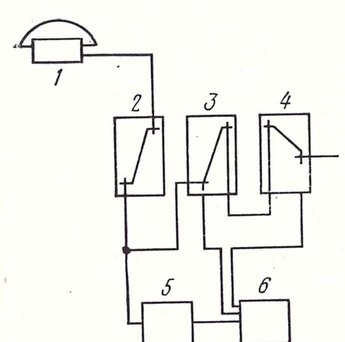


Рис. 7.1. Структурная схема станции «Кроссбар № 1»:

1 — вызывающий абонент; *2* — линейная ступень; *3* — ступень группового искания; *4* — станционная ступень; *5* — абонентский передатчик; *6* — исходящий маркер

щее управление с комбинированной коммутационной системой, составленной из ступеней расширения и концентрации, которая используется для передачи исходя-

щей и входящей нагрузки. Исходящие и входящие регистры и маркеры соответственно на исходящей и входящей телефонных станциях являются, по существу, основными элементами общего управления системы.

В этой системе применяются координатные соединители типа 10×20. Один соединитель обычно может использоваться для установки десяти соединений. На стативе размещается обычно 20 таких соединителей, причем стативы называются следующим образом: линейная ступень, ступень группового искания, станционная ступень и входящая ступень. Соединители, расположенные на каждом стативе, соединяются между собой таким образом, чтобы образовывалось большое число внутренних соединительных линий или, как говорят, промежуточных линий, с помощью которых можно было бы соединить любую входящую цепь с любой исходящей цепью. Система «Кроссбар № 1» в 1940 г. была заменена системами «Кроссбар № 4» и № 5, и станции этой системы до сих пор продолжают обслуживать миллионы местных линий.

КООРДИНАТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ МЕЖДУГОРОДНОЙ СВЯЗИ «КРОССБАР № 4»

Система «Кроссбар № 4» была впервые введена в эксплуатацию в августе 1943 г. в Филадельфии. Эта система обеспечивала четырехпроводную коммутацию междугородных линий, претерпела много изменений в ходе ее доработки и с 1950 г. маркируется как система «Кроссбар № 4А».

Одним из наиболее важных дополнений, введенных в систему «Кроссбар № 4», является электронный транслятор. Система, снабженная транслятором, маркируется как 4A/ETS (рис. 7. 2). Использование электронного транслятора в системе «Кроссбар № 4А» было связано с необходимостью замены электромеханических декодеров и трансляторов на перфокартах, которые использовались в этих системах для выполнения функций пересчета. Электронный транслятор обеспечивает бóльшую гибкость при выборе стратегии маршрутизации, предоставляет большие эксплуатационные возможности и позволяет обеспечить обслуживание абонентов при прямом дистанционном наборе номера — автоматической междугородной связи. Это стало возможным благодаря использованию способа управления по записанной про-

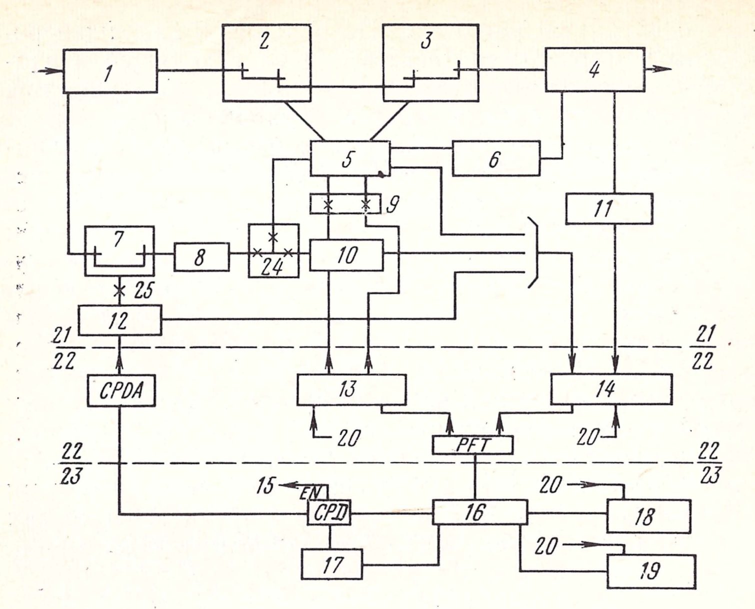


Рис. 7.2. Структурная схема станции «Кроссбар № 4А» с электронным транслятором ETS (IEEE — Transactions on Communication Technology):

1 — комплект входящей соединительной линии; *2* — входящая ступень коммутации; *3* — исходящая ступень коммутации; *4* — комплект исходящей соединительной линии; *5* — маркер; *6* — схема подключения комплектов исходящей соединительной линии к маркеру; *7* — ступень коммутации передатчиков; *8* — входящий передатчик; *9* — схема подключения к маркеру; *10* — DCDR канал; *11* — релейная схема подключения GB исходящих комплектов к периферийному сканнеру; *12* — контроллер ступени искания передатчиков; *13* — распределительный регистр; *14* — периферийный сканнер; *15* — к сканнерам и распределителям; *16* — процессор; *17* — ЗУ; *18* — главный сканнер; *19* — распределитель сигналов; *20* — номер оборудования; *21* — система 4А; *22* — электронный транслятор ETS; *23* — система управления по записанной программе (УЗП); *24* — схема подключения передатчика, маркера и канала; *25* — схема подключения контроллера

грамме. Используя транслятор ETS, можно уменьшить время трансляции со 150 до 10 мс. Чтобы произвести перераспределение направлений в стандартной системе «Кроссбар № 4А», требовалась замена перфокарт, в то же время с помощью ETS это перераспределение можно произвести электрическим путем через обращение к системе с телетайпа. Кроме того, с помощью ETS электрическим путем можно вносить и более крупные изменения в трансляции, если обратиться к системе с магнитной ленты. Используя ETS, можно с помощью ключей на пульте управления произвести и аварийные изменения в трансляции. Отметим, что ручные процедуры можно выполнять и без транслятора ETS.

Возможности трансляции кодов в системе «Кроссбар № 4А» ограничены: допускается 1200 трехзначных и 19 000 шестизначных кодов. Введение же ETS делает эти возможности практически неограниченными. Обычно на станции предусматривают два класса обслуживания, а с помощью ETS можно обеспечить 16 классов обслуживания, причем число классов может быть легко увеличено.

Для удобства эксплуатации в системе «Кроссбар № 4А» предусмотрена регистрация повреждений на перфокартах, где зафиксированное нарушение ставится в соответствие тому главному устройству (блоку), где оно имело место. Затем с помощью ETS осуществляется уточнение местонахождения повреждения с точностью до заменяемого подблока.

СИСТЕМА «КРОССБАР № 5»

Впервые система коммутации «Кроссбар № 5» была введена в эксплуатацию в 1948 г. недалеко от Филадельфии. Это была типовая районная станция на 4000 номеров, связанная с шаговыми станциями и с междугородной координатной станцией «Кроссбар № 4», расположенными в Филадельфии. Построение системы существенно отличается от системы «Кроссбар № 1». В силу требований экономии было уменьшено число различных ступеней искания и других устройств, разработана более гибкая схема группообразования, которая позволила экономически обоснованно использовать эту систему как в качестве сравнительно малых центральных станций, так и в качестве станций большой емкости. Таким образом, система «Кроссбар № 5» могла служить в качестве станций емкостью от 2000 и свыше 10 000 номеров. Как видно из рис. 7.3, система имела только два типа коммутационных блоков — блок абонентских линий и блок соединительных линий — в отличие от системы «Кроссбар № 1», где было четыре коммутационных блока — блок абонентских линий, блок группового искания, станционный блок и входящий блок.

Блок абонентских линий в первоначальном варианте системы «Кроссбар № 5» имел вдвое меньше коммутаторов второго звена, чем в системе «Кроссбар № 1», хотя при этом система № 5 могла обслуживать такую же нагрузку, как соответствующий блок системы «Кроссбар

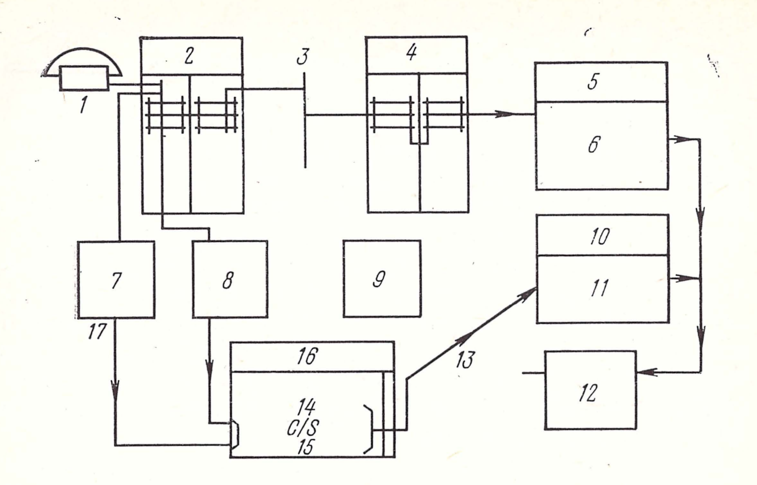


Рис. 7.3. Структурная схема станции системы «Кроссбар № 5», на которой показано прохождение сигналов набора номера, поступающих из аппарата вызывающего абонента:

1 — вызывающий абонент; *2* — блок абонентских линий; *3* — канал передачи сигнала ответа станции; *4* — блок соединительных линий; *5* — исходящий регистр; *6* — ЗУ номеров линий вызываемых абонентов; *7* — схема подключения к маркеру блока абонентских линий; *8* — схема подключения к блоку абонентских линий; *9* — схема подключения к блоку соединительных линий; *10* — ЗУ линий исходящего регистра; *11* — LL адрес ЗУ вызывающих линий и C/S; *12* — схема подключения исходящего регистра к маркеру; *13* — к маркеру, завершающему установление соединения; *14* — вызывающая линия C/S; *15* — LL адрес; *16* — маркер выдачи сигнала готовности станции к приему сигналов набора номера; *17* — вызывающая линия; *18* — класс обслуживания

№ 1». Емкость базового блока абонентских линий системы «Кроссбар № 5» составляет 290 линий, однако, используя дополнительные стативы оборудования на 100 и 200 линий, можно увеличить его емкость до 590 линий, т. е. сделать равной емкости эквивалентной ступени системы «Кроссбар № 1». Максимальное число групп стативов, на которых размещается блок абонентских линий в системе «Кроссбар № 5», может достигать 40, в то время как в системе «Кроссбар № 1» это число достигает 80. Блок соединительных линий обеспечивает соединения со всеми исходящими и входящими соединительными линиями, а также со всеми абонентскими регистрами, в которых фиксируется информация набора номера. Кроме 200 шнуровых комплектов, которые связывают этот блок с блоками абонентских линий, на ступени соединительных линий предусматривается 160 выходов, с которыми могут быть соединены регистры и соединительные линии.

СОВРЕМЕННАЯ СИСТЕМА «КРОССБАР № 5»

В течение последующих лет в систему «Кроссбар № 5» было внесено ряд улучшений. Некоторые изменения были внесены в структуру ступеней абонентских линий и ступеней соединительных линий, о которых будет написано ниже. Кроме того, будут описаны особенности применения маркеров в современной системе № 5.

БЛОК АБОНЕНТСКИХ ЛИНИЙ

Есть два типа блоков абонентских линий, обычно используемых в современной системе № 5. Начиная с 1955 г. используется более новый вариант системы, в которой для выполнения некоторых функций, не относящихся к коммутации разговорных цепей, вместо реле с плоскими контактными пружинами используются реле с проволочными контактными пружинами. Блок абонентских линий обоих типов выпускается в двух модификациях — емкостью 190 линий и 290 линий. Последний тип блока абонентских линий, который используется чаще, организуется на базе двух стативов оборудования, каждый из которых вмещает десять координатных соединителей на 200 точек коммутации каждый. Для построения коммутаторов абонентских линий используется по 1 1/2 координатного соединителя на каждом уровне. К каждой вертикали коммутатора абонентских линий подключается одна абонентская линия; исключение составляет одна вертикаль, которая используется для обращения к остальным 29 вертикалям путем подачи соответствующих сигналов проверки. Одно из преимуществ включения абонентских линий именно в вертикали координатных соединителей состоит в том, что нормально разомкнутые контакты удерживающего магнита координатного соединителя можно использовать в качестве контактов разъединения. Вторую половину соединителей, которая не используется для построения коммутаторов абонентских линий, можно использовать для включения соединительных комплектов (десять вертикалей для подключения на каждом уровне десяти соединительных комплектов). Промежуточные соединительные линии заводятся на горизонтали соединителей — по десять промежуточных линий на каждый соединитель. Эти промежуточные линии распределяются по десяти коммутаторам соединительных комплектов из расчета:

одна промежуточная линия к одной горизонтали каждого коммутатора соединительных комплектов. Такая система распределения соединительных линий позволяет обеспечить возможность подключения каждой абонентской линии в блоке абонентских линий к любому из 100 соединительных комплектов, обслуживающих этот блок коммутации.

Поскольку каждый базовый коммутатор абонентских линий строится на 1 1/2 координатном соединителе на 200 точек коммутации каждый, то 290-линейный базовый блок абонентских линий имеет 300 вертикалей для коммутаторов абонентских линий (по 30 на каждый коммутатор) и 100 промежуточных соединительных линий. Однако фактическое число абонентских линий, которые подключаются к блоку абонентских линий, составляет 290, так как десять вертикалей коммутаторов абонентских линий (по одному на каждый коммутатор) используются для проведения проверочных испытаний (подключение к занятым линиям с испытательного пульта и их проверка). Бóльшую емкость можно обеспечить путем введения дополнительных стативов оборудования координатных соединителей, как это делается в первом проекте системы № 5. Блоки абонентских линий любого размера, имеющиеся в распоряжении проектировщиков, являются универсальными в том смысле, что в любой блок можно включить абонентскую линию любого класса. Станцию № 5 можно приспособить для работы с максимальным числом классов обслуживания в диапазоне от 60 до 100 классов, если перевести все маркеры на реле с проволочными контактными пружинами. Кроме того, число классов обслуживания можно довести до 30, если в комбинированных маркерах или маркерах, завершающих соединение, использовать реле с плоскими контактными пружинами. Пропускная способность блока абонентских линий станции «Кроссбар № 5» составляет 1260 CCS (или 35 Эрл) в час наибольшей нагрузки. Первый шаг в определении размера блока абонентских линий для новой станции состоит в оценке общей нагрузки в ЧНН на всю станцию. Следующий шаг — это нахождение теоретического числа абонентских линий в пересчете на каждый блок абонентских линий, при котором нагрузка на блок составляла бы 1260 CCS (или 35 Эрл). Число требуемых блоков абонентских линий определяется путем деления ожидаемого общего числа действующих абонентских линий в кон-

це периода проектирования на теоретически вычисленное число абонентских линий, которые можно включить в один блок абонентских линий так, чтобы нагрузка на него была бы равна заданной. Если результат получается дробным, то берется ближайшее целое число, при этом принимается определенное решение относительно того, взять ли ближайшее большее или ближайшее меньшее число блоков.

БЛОК СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Классический блок соединительных линий включает оборудование двух стативов, на которых размещается 100 трехпроводных координатных соединителей на 200 точек коммутации каждый для включения соединительных комплектов и 100 шестипроводных координатных соединителей на 200 точек коммутации каждый для включения комплектов соединительных линий. Блок допускает включение 200 соединительных комплектов, которые используются при установлении соединения между блоками абонентских и соединительных линий. Соединители, используемые для подключения комплектов соединительных линий, позволяют включать до 160 линий. В целом этот блок мало отличается от его первоначального варианта.

ГРУППА МАРКЕРОВ

Маркеры являются обязательными элементами оборудования общего управления координатной системы «Кроссбар № 5». Они используются при установлении каждого соединения. Число маркеров, которое необходимо иметь на станции, различно и меняется в соответствии с емкостью станции и величиной нагрузки, которую она должна обслужить. Группа маркеров включает максимум 12 маркеров и может обслужить до 40 000 абонентов. В первоначальном проекте системы «Кроссбар № 5» предусматривался только один тип маркеров. Он имел название «комбинированный маркер» и предназначался для решения всех задач маркирования, которые могли возникнуть на станции. К ним относились: выдача сигнала готовности станции к приему информации набора номера, поиск групп исходящих, входящих, транзитных, междугородных и междумаркерных линий, соединительных комплектов, обслуживание вызовов, по-

ступающих со спаренных телефонных аппаратов, и преобразование импульсов набора номера. В дальнейшем от использования комбинированного маркера отказались и заменили его более эффективно работающей отдельной подгруппой маркеров, формирующих сигнал ответа станции, и маркеров, завершающих установление соединения на станции. Вопросы разработки отдельных маркеров стали частью программы снижения стоимости станции после того, как была проведена ее опытная эксплуатация, которая показала, что около 35% общего времени занятия маркера составляет выполнение операций по формированию сигнала готовности к приему информации набора номера, примерно 65% составляют операции по установлению соединения. В результате этого вся группа маркеров была разбита на две подгруппы. Одна подгруппа включала до четырех маркеров по выдаче сигнала ответа станции, а другая — до восьми маркеров для выполнения функций по установлению соединения. Назначение маркера ответа станции состояло в установлении соединений между линией вызывающего абонента и исходящим регистром. После подключения абонентской линии к регистру последний выдавал абоненту сигнал ответа станции, который служил сигналом разрешения абоненту приступить к набору номера. Соединение абонентской линии с исходящим регистром включало ряд этапов: установление соединения между маркером ответа станции и блоком абонентских линий через схему подключения маркера и схему подключения блока абонентских линий, далее соединение с блоком соединительных линий через схему подключения блока и, наконец, к блоку памяти исходящего регистра. Рассмотренная схема соединения абонентской линии с регистром показана на рис. 7.3.

Маркеры завершения установления соединения предназначены, главным образом, для выполнения других операций управления коммутацией в системе «Кроссбар № 5». Блок маркеров завершения установления соединения выполняет следующие функции: согласует работу функциональных блоков, связанных с блоком соединительных линий, управляет процессом группового искания соединительных линий в этом блоке, определяет местоположение линий вызывающего и вызываемого абонентов в блоках абонентских линий, проводит тестовые испытания канала и управления исканием группы соединительных комплектов, управляет схемой выдачи

сигналов посылки вызова, выбирает передатчик и управляет схемой подключения к нему, управляет связью с передатчиком, собирает информацию о начислении платы за разговор при внутристанционных и исходящих вызовах, определяет класс соединительных линий по входящему вызову, идентифицирует номер записывающего устройства АМА при начислении платы за разговор, выбирает класс преобразования импульсов, осу-

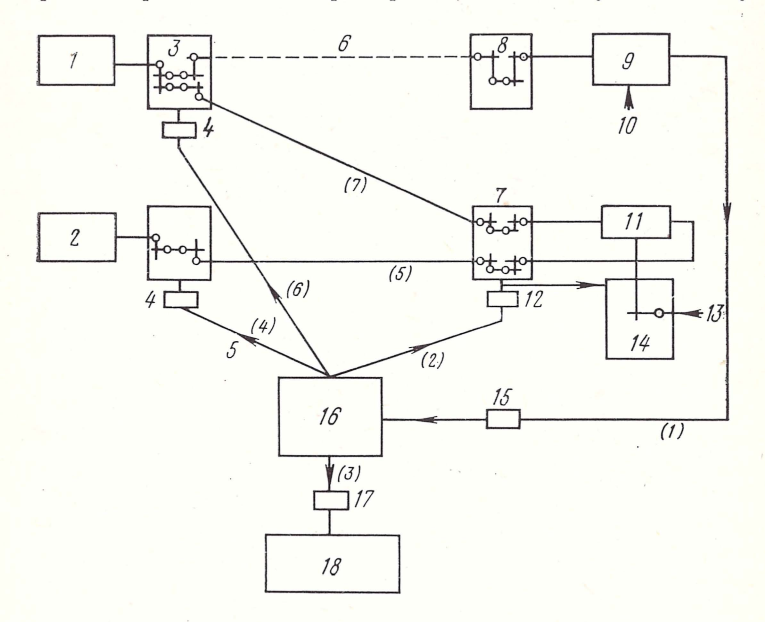


Рис. 7.4. Соединения, которые необходимо произвести на координатной станции системы «Кроссбар № 5», чтобы обслужить внутристанционный вызов:

1 — вызывающий абонент; *2* — вызываемый абонент; *3* — блок абонентских линий; *4* — схема подключения к блоку абонентских линий; *5* — состояние свободен/занят; *6* — соединение при передаче информации набора номера; *7, 8* — блок соединительных линий; *9* — исходящий регистр; *10* — сигнал «Занято»; *11* — комплект внутристанционной соединительной линии; *12* — схема подключения к блоку соединительных линий; *13* — посылка вызова; *14* — схема коммутации сигналов посылки вызова; *15* — схема подключения исходящего регистра к маркеру; *16* — маркер; *17* — схема подключения к пересчетчику; *18* — пересчетчик (транслятор)

ществляет общую синхронизацию, а также управляет схемой подключения к блоку основных испытаний и аварийным записывающим устройством. К другим блокам оборудования, связанным с блоком маркеров завершения установления соединения, относятся: транслятор

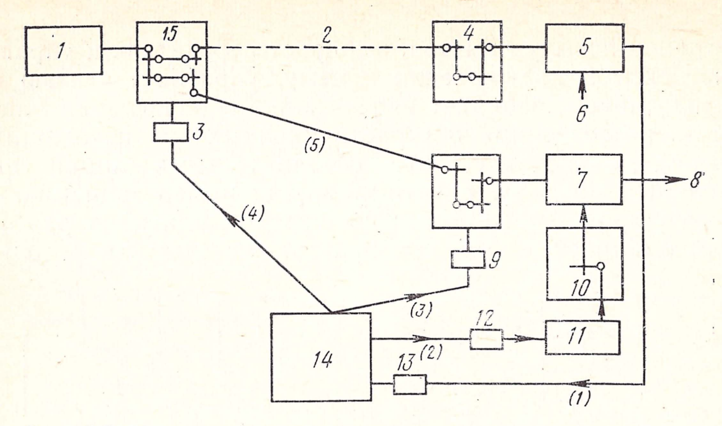


Рис. 7.5. Установление внешнего исходящего соединения на координатной станции системы «Кроссбар № 5»:

1 — вызывающий абонент; *2* — соединение при передаче информации набора номера; *3* — схема подключения к блоку абонентских линий; *4* — блок соединительных линий; *5* — исходящий регистр; *6* — сигнал «Занято»; *7* — комплект исходящей (входящей) соединительной линии; *8* — исходящая (входящая) соединительная линия; *9* — схема подключения к блоку соединительных линий; *10* — схема коммутации передатчиков; *11* — передатчик исходящей (входящей) связи; *12* — схема подключения к передатчику исходящей (входящей) связи; *13* — схема подключения исходящего регистра к маркеру; *14* — маркер; *15* — блок абонентских линий

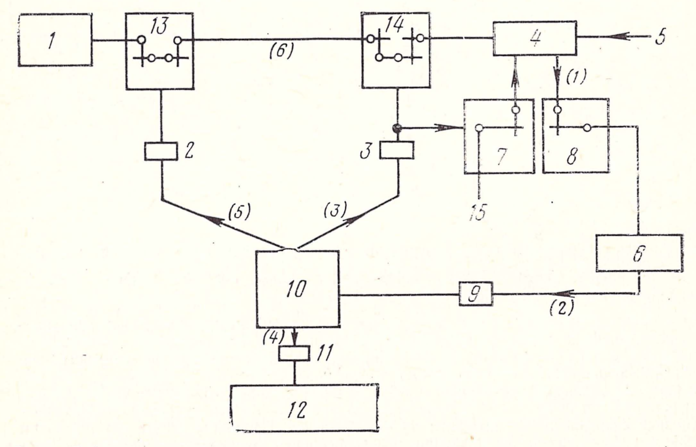


Рис. 7.6. Установление внешнего входящего соединения на координатной станции системы «Кроссбар № 5»:

1 — вызываемый абонент; *2* — схема подключения к блоку абонентских линий; *3* — схема подключения к блоку соединительных линий; *4* — комплект входящей (исходящей) соединительной линии; *5* — входящая (исходящая) соединительная линия; *6* — входящий (исходящий) регистр; *7* — схема коммутации сигналов посылки вызова; *8* — схема коммутации входящих (исходящих) регистров; *9* — схема подключения входящих (исходящих) регистров к маркеру; *10* — маркер; *11* — схема подключения к пересчетчику; *12* — пересчетчик; *13* — блок абонентских линий БАЛ; *14* — блок соединительных линий БСЛ; *15* — сигнал посылки вызова

и блок обработки кодов, релейный блок направлений, блок преобразования кодов, релейный блок обработки информации при дополнительных видах обслуживания, блок распределителя УТС, блок транслятора чужой зоны и блок подключения к транслятору чужой зоны, четырехпроводный блок, используемый в тех случаях, когда группа маркеров обслуживает вызов, требующий передачи информации по четырехпроводным цепям. На рис. 7.4, 7.5 и 7.6 показаны соединения, которые необходимо произвести, чтобы обслужить соответственно внутристанционное, внешнее исходящее и внешнее входящее соединения.

ЯПОНСКАЯ КООРДИНАТНАЯ СИСТЕМА АТС С400

Как видно из рис. 7.7, схема группообразования станции С400 в общих чертах сходна со схемой координатной станции системы № 5. Кроме того, устройство общего управления строится также на основе маркеров ответа станции и маркеров завершения установления соединения. Однако в целом система С400 имеет более широкую область применения — начиная от местных станций малой емкости до транзитных и междугородных станций. При всем широком диапазоне ее использования станция С400 — это стандартная координатная система, используемая в Японии (рис. 7.8). При использовании системы С400 в качестве станции малой емкости (от 800 до 3000 абонентов) в ней применяется комбинированный маркер. Основная коммутационная схема строится из четырех звеньев коммутации, причем каждые два звена образуют один коммутационный блок. Блок абонентских линий пропускает нагрузку в 1240 HCS (или 34,4 Эрл) и допускает включение 760 абонентских линий; блок соединительных линий позволяет включать до 180 соединительных линий. Один блок станционного оборудования включает до 16 блоков линий. Другое оборудование станции — комплекты соединительных линий, регистры и т. д. — остается таким же, как и на станциях большой емкости. В системах С400, применяемых в качестве станций большой емкости, блок абонентских линий пропускает нагрузку в 3100 HCS (или 86,1 Эрл) и допускает подключение 1920 абонентских линий, в то же время блок соединительных линий позволяет подключать до 360 соединительных линий. Конечно, общую

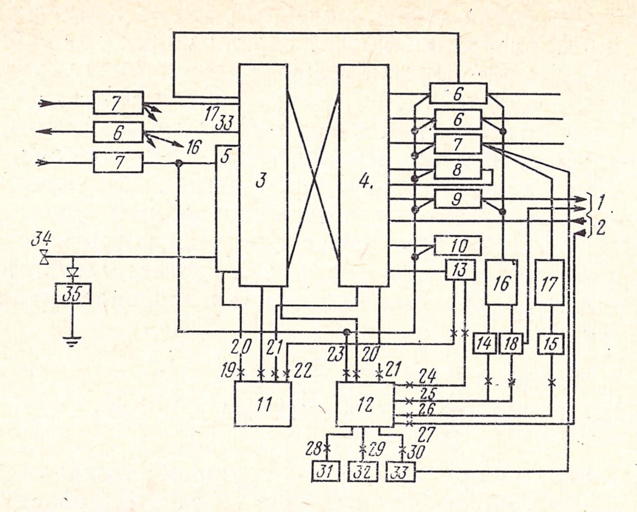


Рис. 7.7. Структурная схема японской координатной станции С400 (Nippon Telegraph and Telephone Public Corp.):

1 — к другому станционному блоку; *2* — от другого станционного блока; *3* — блок абонентских линий (БАЛ); *4* — блок соединительных линий (БСЛ); *5* — линейное реле (ЛР); *6* — исходящая соединительная линия (ИСЛ); *7* — входящая соединительная линия (ВСЛ); *8* — внутристанционная соединительная линия (ВССЛ); *9*—межблочная соединительная линия (МСЛ); *10* — специальная соединительная линия (ССЛ); *11* — маркер выдачи сигнала «Ответ станции» (МОС); *12* — маркер установления соединения (МУС); *13* — исходящий регистр (ИР); *14* — исходящий передатчик (ИП); *15* — входящий регистр (ВР); *16* — к ступени коммутации исходящих регистров (СКИР); *17* — к ступени коммутации входящих регистров (СКВР); *18* — межблочный регистр (МБР); *19* — схема подключения (СПМ) линий к маркеру; *20* — схема подключения к блоку абонентских линий (СПБАЛ); *21* — схема подключения к блоку соединительных линий (СПБСЛ); *22* — схема подключения к исходящему регистру (СПИР); *23* — схема подключения к блоку комплектов соединительных линий (СПКСЛ); *24* — схема подключения исходящего регистра к маркеру (СПИРМ); *25* — схема подключения к передатчику исходящей связи (СПИЛ); *26* — схема подключения входящего регистра к маркеру (СПВРМ); *27* — схема подключения межблочных регистров к маркеру (СПМБРМ); *28* — схема подключения к пересчетчику номеров абонентских линий (СПП); *29* — схема подключения к транслятору (СПТ); *30* — схема подключения к пересчетчику номеров соединительных линий (СППСЛ); *31* — пересчетчик номеров абонентских линий (П); *32* — транслятор (Т); *33* — пересчетчик номеров соединительных линий (ПСЛ); *34* — абонент; *35* — счетчик абонентский (Сч.Аб)

пропускную способность станции определяет общее число используемых блоков линий.

При использовании в качестве транзитной станции система С400 выполняет все функции коммутации, которые предусмотрены для обычной центральной станции, и, кроме того, осуществляет обслуживание транзитных

соединений. В этом случае желательно, чтобы исходящие и входящие соединительные линии, используемые при обслуживании транзитной нагрузки, использовались также при установлении входящего или исходящего с этой станции соединения, поскольку обычно экономиче-

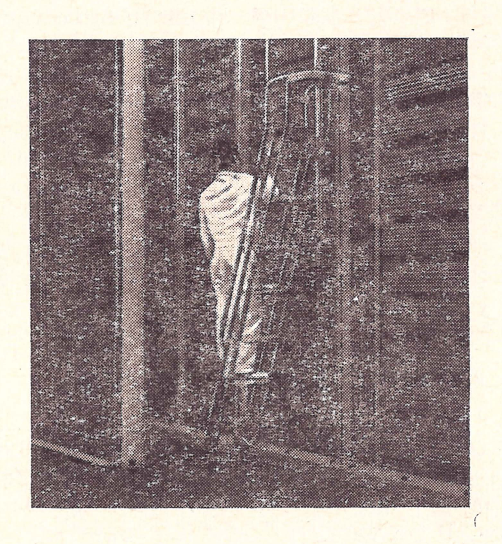


Рис. 7.8. Общий вид координатной станции типа C400 (Nippon Telegraph and Telephone Corp.)

ски выгодно пропускать такую комбинированную нагрузку по одному общему пучку соединительных линий. Для осуществления такого двойного использования пучка необходимо включить комплекты исходящих и входящих соединительных линий как в блок соединительных, так и в блок абонентских линий. На телефонной координатной станции системы C400, которая выполняет функции коммутации и для транзитных соединений, исходящие соединительные линии включаются и в блок абонентских и в блок соединительных линий. Если оказывается, что транзитная нагрузка меньше нагрузки, поступающей к абонентам этой станции, то также экономически выгодно включать исходящие соединительные линии в блок абонентских и блок соединительных линий. Включением исходящей линии в блок соединительной линии пользуются тогда, когда соединение с транзитной соединительной линией осуществляется по вызову, по-

ступившему от абонента этой станции. Если же требуется установить соединение через эту станцию с другой станцией по входящему извне на эту станцию вызову, то используется включение соединительной линии в блок абонентских линий. При необходимости обеспечения непрерывности обслуживания абонентов телефонной связью на одной и той же станции размещаются два станционных блока системы C400, обслуживающие входящие соединительные линии (рис. 7.9). Устройство обще-

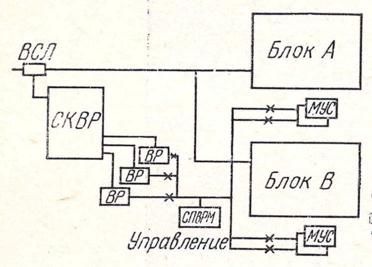


Рис. 7.9. Установление входящей связи с использованием двух блоков C400 (Nippon Telegraph and Telephone Corp.)

го управления схемы подключения входящего регистра к маркеру на основе информации о номере, получаемой из регистра, определяет блок, который должен обслуживать вызов. В результате этого к выбранному блоку подключаются входящий регистр и маркер завершения установления соединения.

Особым устройством системы C400 является двузвенная ступень искания передатчиков, которая позволяет повысить использование передатчиков, доведя его до 70%, по сравнению с 45-процентным использованием передатчиков, которое обеспечивается однозвенной ступенью искания. Система C400 является относительно новой системой, поскольку она была введена в широкую эксплуатацию лишь в 1967 г.

КООРДИНАТНАЯ СИСТЕМА «ПЕНТАКОНТА» ФИРМЫ ITT

Система «Пентаконта» была разработана Международной корпорацией телефонной и телеграфной связи в 1953 г., а первая станция была введена в эксплуатацию в городе Сенто в Италии в 1954 г. В этой системе применены координатные соединители, имеющие 22 вертикали и 14 горизонталей, одна из которых используется как переключающая шина для обеспечения коммутации 52 выходов. В первом варианте этой системы 500-линей-

ные абонентские блоки обслуживались каждый двумя маркерами, но после четырех лет эксплуатации и опыта работы с несколькими станциями было решено увеличить емкость блоков до 1000 линий. В новом варианте станции два маркера могли обслуживать в течение часа до 6000 вызовов при среднем времени занятия маркера на обслуживание одного вызова 450 и 500 мс. Эти станции получили за пределами США широкое распространение. Система 1000В приспособлена для работы в качестве станций общего пользования в диапазоне емкостей от 1000 до 50 000 линий. Структурная схема станции «Пентаконта» типа 1000В приведена на рис. 7.10. Сту-

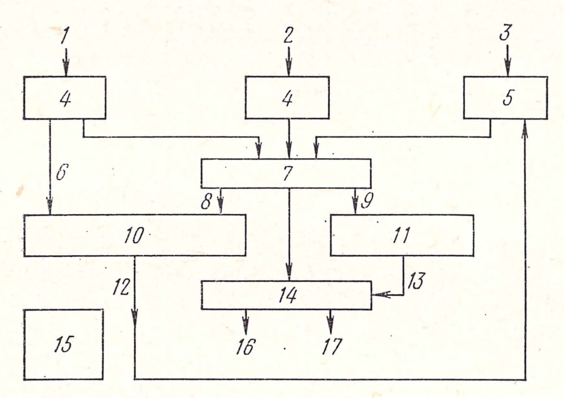


Рис. 7.10. Функциональные блоки станции «Пентаконта» типа 1000В (ITT — International Telephone and Telegraph Public Corp.):

1 — входящие соединительные линии; *2* — линии ручной междугородной связи; *3* — абоненты; *4* — комплекты входящих соединительных линий; *5* — абонентские комплекты; *6* — транзитная нагрузка; *7* — главное групповое устройство; *8* — местная нагрузка; *9* — нагрузка «взаимопомощи»; *10* — групповые устройства для обслуживания внутренней нагрузки и внешней нагрузки, направленной к абонентам данной станции; *11* — групповые устройства «взаимопомощи»; *12* — внутренняя нагрузка и внешняя нагрузка к абонентам данной станции; *13* — транзитная и исходящая нагрузка; *14* — комплекты исходящих соединительных линий; *15* — управляющее устройство; *16* — исходящие соединительные линии; *17* — пульты оператора

пени абонентского и группового искания построены на базе двузвенных схем на координатных соединителях, которые управляются маркерами, обеспечивающими выполнение режима обусловленного искания. Входящие и исходящие шнуровые комплекты построены на реле. На рис. 7.11 приведен блок, который выполняет линейное

или групповое искание. Два звена коммутации на координатных соединителях образуют первичное и вторичное, или же оконечное, звенья схемы. Каждое звено состоит из нескольких секций, построенных из одного или нескольких многократных соединителей (название, кото-

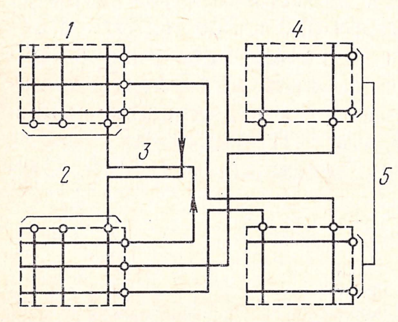


Рис. 7.11. Звеньевая схема блоков абонентского и группового искания (ITT — International Telephone and Telegraph Corp.):

1 — первичное звено; *2* — входящие соединительные линии; *3* — схема «взаимопомощи»; *4* — вторичное, или оконечное, звено; *5* — исходящие соединительные линии

рое было дано индивидуальному координатному соединителю в системе «Пентаконта»). Стандартный блок группового искания для станций большой емкости может включать до семи первичных секций, причем каждая секция состоит из двух многократных соединителей по 22 вертикали каждый, которые обеспечивают 2×7×22, или 308 входов, и 20 вторичных секций, каждая из которых построена на одном многократном соединителе на 14 вертикалей. Каждая вторичная секция обеспечивает доступ к 52 выходам, в результате этого входящий шнуровой комплект, включенный на вход первичного звена, получает доступ к 52×20, или 1040 выходам. Таким образом, двузвенное построение системы оказывается эквивалентным искателю на 1040 выходов.

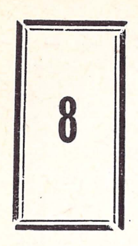
Пятьдесят два выхода первичных секций разделены на два класса: 40 выходов (20×2) относятся к комплектам непосредственной связи между первичными и вторичными секциями, а 12 выходов резервируются для установления обходных путей при обслуживании вызовов внутри ступени искания. Последний класс выходов именуется как entraide, что означает по-французски «взаимопомощь». Деление групп позволяет расширить возможности поиска соединительных путей за счет введения поперечных связей между секциями одного звена и использования соединительных путей между одной первичной секцией и вторичными секциями со стороны

других первичных секций, что является также мерой защиты системы от блокировок.

СТАНЦИИ ARF И AKF ФИРМЫ «Л. М. ЭРИКССОН»

Серия станций ARF, выпускаемых фирмой «Л. М. Эрикссон», представляет собой координатные станции, построенные на координатных соединителях классического типа, которые были описаны в гл. 4. Среди всех станций, выпускаемых этой фирмой, они нашли наиболее широкое применение. За последнее десятилетие этой фирмой введен в эксплуатацию другой тип координатного соединителя, называемый кодовым соединителем. Станции, использующие в качестве коммутационного прибора эти соединители, маркируются как станции серии AKF. Несмотря на некоторые преимущества построения станций средней и большой емкостей на этих соединителях, они не получили широкого распространения, и бо́льшая часть вводимых в эксплуатацию новых станций строится на базе станций серии ARF с обычными координатными соединителями.

Ступени коммутации разговорных цепей на эрикссоновских координатных станциях обычно разделяются на ступени абонентского и группового искания, каждая из которых обслуживается своим маркером. Таким образом, применяется постепенное маркирование. Отличие от координатных систем фирмы «Белл Систем» состоит в способе подключения абонентских линий к координатному соединителю. В эрикссоновских системах абонентские линии подключаются к горизонталям соединителя, в то время как в системах фирмы «Белл Систем» — к вертикалям соединителя. В эрикссоновских системах и абонентская линия и реле разъединения управляются линейными комплектами, внешними по отношению к системе. В системе фирмы «Белл Систем» вертикальные магниты координатного соединителя могут выполнять функции отбойного реле. Однако в эрикссоновских системах предусмотрена возможность прерывания связи оператором, что является специальным европейским требованием.



8 Электронные станции с замонтированной логикой

Возможности использования в системах коммутации электронных компонентов и построения из них электронных схем фактически не получили применения до окончания второй мировой войны. При этом в период, предшествующий изобретению транзистора, не наблюдалось и какой-либо деловой активности в сфере разработки этих компонентов. Поскольку переключательные логические схемы, используемые в системах коммутации, могли быть реализованы как с помощью электромеханических элементов, например реле, так и с помощью электронных элементов, например диодов, транзисторов или магнитных элементов, то на первый взгляд казалось, что стоит заменить на станции электромеханические элементы электронными, как получится электронная телефонная станция. Действительно, в этом направлении были предприняты некоторые исследовательские работы подобные тем, которые имели место при разработке электронных директоров и регистров-трансляторов для электромеханических станций шагового и машинного типа. Однако простая замена электромеханических элементов электронными не обеспечивала тех главных преимуществ, которые делали выгодным внедрение электроники в системы коммутации. Кроме того, в тот период времени установили, что использование электронных элементов в качестве коммутационных при передаче речевой информации и данных практически нецелесообразно, хотя остальную часть станции, кроме коммутационной, можно почти полностью сделать электронной.

Главное достоинство электронных систем коммутации — значительно большая скорость коммутации. При этом самая высокая скорость коммутации может быть достигнута с использованием либо электронных точек коммутации, либо способа временно́й коммутации разговорных каналов. Однако этот способ не оказался практически приемлемым для местных центральных телефон-

ных станций. Электронные точки коммутации характеризуются невысоким коммутационным коэффициентом, в результате чего возникает проблема переходных разговоров. Кроме того, каждая точка коммутации в замкнутом состоянии вносит значительное затухание при прохождении через нее сигнала. Использование временно́й коммутации и электронных точек коммутации в системах пространственной коммутации требует учета тех ограничений по мощности, которые накладывают электронные элементы. В результате возникают трудности совмещения их с сигнально-вызывными устройствами, которые используются на телефонных станциях. Кроме того, для взаимодействия таких электронных систем с существующими станциями потребовалось бы предусмотреть дорогостоящее оборудование сопряжения. В результате экономический барьер, поставленный одним лишь этим ограничением, оказался настолько серьезным, что использование полностью электронных систем коммутации при наличии тех телефонных аппаратов, которые были в распоряжении абонентов, оказалось нецелесообразным, и для осуществления коммутации на местных центральных телефонных станциях стали приемлемы точки коммутации только на металлических контактах. Фирма «Белл Систем» пришла к выводу, что эти точки коммутации должны иметь достаточно высокое быстродействие, которое согласовывалось бы со скоростью работы электронного устройства общего управления станции; учитывая все эти обстоятельства, фирма сочла нужным установить в разговорном тракте язычковые реле.

То обстоятельство, что системы коммутации разговорных цепей на этих станциях использовали реле, а системы управления были полностью электронными, привело к введению специального термина. Были предложены два названия: квазиэлектронные и полуэлектронные системы. Однако «Белл Систем» дала своим центральным станциям № 1 ESS и № 2 ESS название «электронные станции», несмотря на то, что в них использовались и реле. Это название стало общепринятым[1] и в последующем все станции, использующие электронное оборудование в системе общего управления,

[1] В нашей стране для станций такого типа принято наименование «квазиэлектронные станции». *(Примеч. перевод.)*

стали называть электронными вне зависимости от типа коммутационных элементов, применяемых для образования разговорного тракта.

КООРДИНАТНАЯ СИСТЕМА КОММУТАЦИИ С ЭЛЕКТРОННЫМИ СХЕМАМИ В ЦЕПЯХ УПРАВЛЕНИЯ

Структурная схема типовой координатной станции, управление которой построено на электронных или электромеханических элементах, приведена на рис. 8.1.

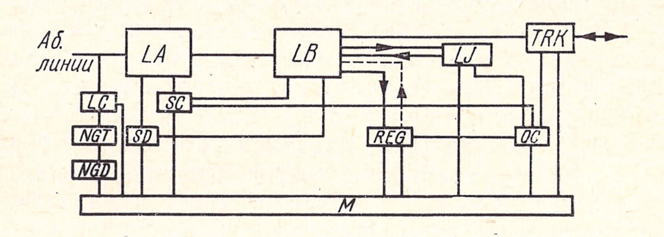


Рис. 8.1. Структурная схема типовой координатной станции

С практической точки зрения на такой станции целесообразно предусматривать широкое введение электроники в цепях управления. Там, где используются дискретные элементы в основных цепях управления и в периферийных устройствах, можно широко использовать интегральные схемы. Если к тому же используются миниатюрные координатные соединители, то можно получить компактную реализацию всего устройства, включая электронные компоненты. Применение печатных плат в цепях управления и использование специальных каркасов для монтажа плат с печатными схемами позволяет легко расширять станцию, устройства управления которой реализуются на электронных элементах. Двузвенная система этого типа могла бы обрабатывать нагрузку от 500 абонентских линий, а четырехзвенная — от 10 000 до 12 000 абонентских линий. Следует заметить, что регистровое и маркерное оборудование в таких системах функционирует во многом так же, как и в системах с электромеханическим оборудованием, однако скорость коммутации в них гораздо выше. По существу лишь миниатюризированные электромеханические ком-

поненты системы будут создавать ограничения по общей скорости работы всей станции.

Помимо того, что модульный принцип построения позволяет уменьшить физический объем, занимаемый блоками станции, облегчается монтаж и эксплуатация. Дело в том, что интегральные схемы, различные дискретные компоненты и миниатюрные реле могут быть размещены на печатных платах, которые потом закрепляются на специальных каркасах для монтажа плат с печатными схемами. Подключение плат производится с помощью штепсельных разъемов. В случае повреждения любого элемента схемы печатная плата просто вынимается и заменяется новой. Модульный принцип, используемый при конструктивном оформлении станции, позволяет при заданной строгой конфигурации размещения каркасов и стативов получить определенную свободу в размещении оборудования станции.

Хотя станции данного типа и обладают рядом преимуществ, обусловленных использованием в них электронных компонентов, все же они не содержат в себе тех основных элементов, которые присущи более сложным электронным станциям. Так, они не содержат специальной выделенной части системы, относящейся к устройствам памяти, и, по существу, содержат лишь отдельные логические схемы — замонтированную логику; однако в силу модульного принципа построения логических схем, использования штепсельных разъемов и различного рода штекеров изменения в замонтированной логике удается производить более простыми средствами, чем в соответствующих устройствах управления, построенных на электромеханических элементах.

Замонтированная логика не является невыгодной, хотя это и может показаться на первый взгляд. Если бы телефонная станция содержала устройства памяти такого же типа, которые используются в ЭВМ, то ее можно было бы спроектировать таким образом, чтобы ввести программное управление с использованием этой памяти. При этом для введения новой программы не потребовалось бы вносить больших изменений в аппаратную реализацию. Для некоторых телефонных станций определенной емкости применение замонтированной логики может оказаться более выгодным, чем использование программных средств для изменения записанной в памяти программы.

КООРДИНАТНЫЕ СИСТЕМЫ, СОДЕРЖАЩИЕ ТОЛЬКО ЭЛЕКТРОННУЮ ПАМЯТЬ

Хотя обычные электромеханические станции координатного типа могут предоставлять абонентам много новых видов обслуживания, однако всегда возникают сложности относительно количества необходимого оборудования и приборов, которые требуется добавить на станции, чтобы обеспечить реализацию этих видов обслуживания. Основным элементом, позволяющим решить проблему обеспечения этих услуг без излишних сложностей, является электронная память, подобная той, которая используется в ЭВМ. Программы, записанные в такую память, могут быть представлены либо в виде замонтированной логики, либо сама память может включать электрически изменяемые элементы хранения информации. При этом изменения в программу и ее реализацию можно вносить с помощью внешних программных средств. В любом из указанных случаев электронная память является наиболее гибким средством введения новых видов обслуживания. Если управление электронной памятью к тому же будет осуществляться программными средствами, то можно будет вносить изменения и дополнения в алгоритм функционирования устройств дополнительных видов обслуживания без каких-либо изменений в их аппаратной реализации. При использовании замонтированной логики определенная гибкость системы может быть достигнута за счет применения памяти с программным управлением с возможностью внесения изменений либо путем использования взаимозаменяемых блоков, либо перепрошивки проводов в матрице сердечников так, что не придется вносить изменения в основную часть аппаратуры системы.

Если предпринимается попытка ввести электронную память на электромеханической телефонной станции и при этом имеется реальная причина целесообразности такой модификации в силу большого числа координатных станций, находящихся в эксплуатации, и большого срока их службы, то необходимо принимать во внимание следующие важные обстоятельства:

1) введение системы управления с использованием памяти, содержимое которой может изменяться с помощью программных средств (так называемая система управления с записанной программой), потребует серьезных изменений в структуре управляющего устройства и организации связей по соединительным линиям;

2) построение системы управления на базе замонтированной логики является более экономичным;

3) требования дополнительных видов обслуживания абонентов даже с учетом перспективы оказываются не столь значительными, чтобы быть определяющими в вопросе о введении системы памяти, управляемой с помощью программных средств;

4) оказывается, что достаточная степень гибкости системы может быть достигнута при использовании системы управления с замонтированной логикой.

Введение на обычных координатных станциях электронной памяти, реализованной в виде замонтированной логики, позволило бы осуществить следующие операции:

1) преобразование информации о номере абонента в информацию о местоположении абонентской линии на ступени абонентского искания или в информацию о категории абонента;

2) преобразование кода станции в соответствующую информацию о направлении, в котором устанавливается исходящее соединение;

3) преобразование информации о местоположении абонентской линии на ступени абонентского искания в информацию о местоположении соответствующего видеоканала на ступени коммутации видеоканалов или же в информацию о местоположении линии на коммутаторе, обслуживающем вызовы, поставленные на ожидание;

4) преобразование информации о местоположении абонентской линии на ступени абонентского искания в информацию о списочном номере абонента;

5) пересчет сокращенного набора номера в обычный полный списочный номер абонента;

6) запоминание информации, которая меняется со временем, а также предоставление такой информации устройству общего управления; это необходимо для запоминания установленных соединений и категории абонентской линии;

7) запоминание различных видов информации, относящейся к станции или же к абонентам (например, информация о классе обслуживания абонентов);

8) запоминание информации, которая хранится в каждом индивидуальном оборудовании (например, комплектах соединительных линий, регистрах и передатчиках).

На обычных координатных станциях регистры и передатчики применяются для хранения абонентских но-

меров и информации о местоположении абонентской линии на ступени абонентского искания, а также для хранения информации о классе обслуживания абонентов. Перечисленные выше функции, связанные с запоминанием информации, могут быть централизованы и приданы некоторому устройству памяти, которое будет хранить всю указанную информацию.

Для выполнения функций 1—7 на существующих типовых станциях к маркерам этих станций подключают

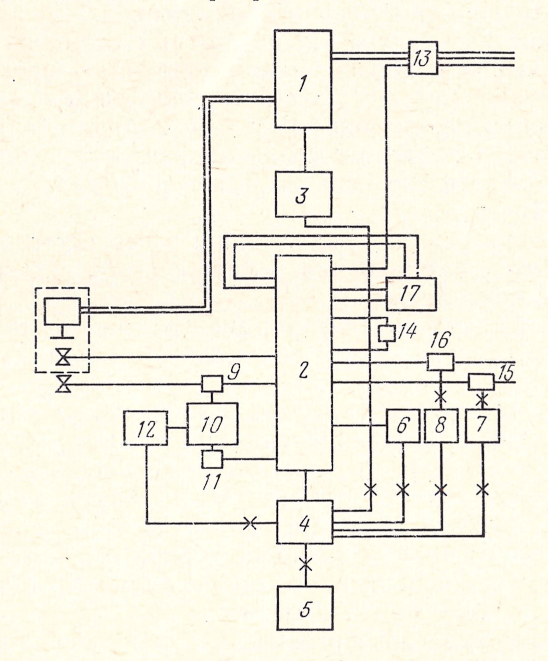


Рис. 8.2. Схема подключения электронной памяти к действующей координатной станции (Nippon Telegraph and Telephone Public Corp.):

1 — схема коммутации видеоканалов; *2* — схема коммутации разговорных каналов; *3* — видеомаркер; *4* — маркер; *5* — память; *6* — исходящий регистр; *7* — входящий регистр; *8* — исходящий передатчик; *9* — переключательное устройство; *10* — схема коммутации для обслуживания вызовов, которые ставятся на ожидание (СКОВ); *11* — устройство, с помощью которого обслуживаются вызовы, поставленные на ожидание; *12* — блок управления СКОВ; *13* — уплотненная соединительная линия с видеоканалами; *14* — комплект внутристанционной соединительной линии; *15* — комплект входящей соединительной линии; *16* — комплект исходящей соединительной линии; *17* — комплект для дополнительных видов обслуживания

систему памяти так, как это показано на рис. 8.2. Однако если система памяти первоначально не была введена в координатную станцию, то для реализации восьмой функции требуется произвести серьезные изменения в электромеханической части станции. По существу, чтобы уменьшить время ожидания обслуживания маркера со стороны устройства памяти, необходимо ввести два таких устройства. На станциях, обслуживающих 1500 абонентов и 500 соединительных линий, можно было бы использовать память на ферритовых сердечниках объемом в 300 000 бит. Такая память дает возможность, наряду с функциями пересчета абонентских номеров и трансляции, выполнять следующие операции по предоставлению дополнительных услуг: автоматическое наведение справки; переадресация вызова; ожидание освобождения занятого абонента; удержание соединения и подключение третьего абонента (трехсторонняя конференц-связь); переадресация набранного номера (Центрекс); регистрация сообщений; видеотелефонная связь, а также предоставление абоненту возможности самому управлять выбором абонентских услуг (например, путем набора специального номера с другого телефонного аппарата управлять выполнением операций, связанных с переадресацией вызова или с записью сообщений).

ОБЩЕЕ ЭЛЕКТРОННОЕ УСТРОЙСТВО УПРАВЛЕНИЯ

Если на обычных координатных станциях заменить электромеханические компоненты электронными или же ввести электронную память, подобную той, которая используется на ЭВМ, то можно получить определенные преимущества по сравнению с обычными системами. Однако все указанные меры не дают того эффекта, который достигается при полностью электронном общем управляющем устройстве. Как уже упоминалось, при таком построении в быстродействующих устройствах цифровой памяти с высокой плотностью хранения информации можно хранить программу управления, которая легко изменяется подобно тому, как это осуществляется с помощью программных средств на ЭВМ. В результате исключается необходимость изменения аппаратной реализации системы при введении новых видов обслуживания.

СТАНЦИИ С УПРАВЛЕНИЕМ ПО ХРАНИМОЙ В ПАМЯТИ ПРОГРАММЕ

Станции с управлением по записанной в памяти программе (УЗП), использующие в наибольшей степени методы работы с программными средствами, могут быть введены в эксплуатацию и запрограммированы для обслуживания абонентов данного района без учета возможности дальнейшего расширения этого района или увеличения емкости самой станции до максимального предела. В прошлом на электромеханических станциях при расширении емкости необходимо было вводить много дополнительного согласующего оборудования. На электронных станциях в этом случае необходимо лишь внести изменения в программное обеспечение и ввести новую программу управления. Точно так же можно запрограммировать новые виды обслуживания абонентов даже в том случае, когда расширение емкости станции не предусматривается.

Такие преимущества, как тогда казалось, должны были привести к полной замене существующих станций на станции с УЗП. Однако встал вопрос стоимости. Существующее электромеханическое оборудование не может быть демонтировано и заменено новым еще в течение определенного периода времени. Кроме того, стоимость станций с УЗП такова, что они оказываются неконкурентноспособными в качестве центральных станций емкостью менее нескольких тысяч абонентских линий. В связи с этими экономическими проблемами появилось множество вариантов электронных станций малой емкости, но на которых нельзя было легко изменять программное обеспечение станции.

Термин «управление по записанной программе» неразрывно связан с термином «электронная коммутация». По существу же, под управлением по записанной программе в более широком смысле можно подразумевать использование запоминающих устройств с высокой плотностью хранения информации для запоминания программ управления коммутационной схемой станции, реализованных как в виде программных средств, так и в виде аппаратной реализации. При реализации программы в виде аппаратных средств говорят обычно об управлении по замонтированной программе (УМП), а при реализации программы в виде программных средств говорят об управлении по записанной программе (УЗП).

По существу, оба способа управления представляют собой управление по хранимой в памяти программе. Однако термин «управление по хранимой или записанной программе» применяют для обозначения только такого вида программного управления, когда программа управления реализована в виде программных средств[1].

ТЕЛЕФОННЫЕ СТАНЦИИ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ И ЗАМОНТИРОВАННОЙ ПРОГРАММОЙ

Для станций малой емкости наиболее экономичный способ управления состоит в использовании замонтированной программы. Конечно, если внесение изменений в такую замонтированную логику потребует столько операций перемонтажа, что будет по объему сравнимо с теми, которые необходимо выполнять на электромеханических станциях, то вряд ли можно будет говорить о преимуществах такого способа управления. Поэтому после проведенных исследований пришли к выводу о необходимости разработки некоторого типа электронных станций, которые занимали бы промежуточное положение между станциями с полностью замонтированной логикой и станциями с логикой, реализованной в виде программных средств. Такие станции стали называть программируемыми системами[2]. Поскольку реализованная в виде программных средств логика, отображенная в памяти, преобладает на электронных станциях большой емкости, где свойства системы проявляются в наибольшей степени, то элементы управления по записанной программе (термин широко используется для обозначения систем с программным обеспечением) будут описаны в следующей главе.

Остальная часть этой главы посвящена описанию электронных станций малой емкости, которые являются

---

[1] В отечественной литературе сложилось представление о двух методах управления по хранимой в памяти программе: с замонтированной программой, реализованной аппаратными средствами, и с записанной программой, реализованной программными средствами. Поэтому разночтения при их использовании не бывает. В английском же языке понятия «хранимая в памяти программа» обозначается одинаково «stored — program — control». *(Примеч. перевод.)*

[2] В отечественной литературе станции такого типа называют «системами с программным управлением», имея в виду, что независимо от способа хранения программы управление работой станции осуществляется по заранее заданной программе. *(Примеч. перевод).*

до некоторой степени программируемыми системами. На программируемых станциях (станциях с программным управлением) можно изменять последовательность выполняемых операций путем: перепрошивки проводов через ферритовые кольца в устройстве памяти; различного рода кроссировочных соединений в схеме, замены блоков в устройстве памяти. Наиболее широко используемым приемом изменения программы на станциях с программным управлением является изменение маршрута прохождения проводов через ферритовые сердечники или удаление (добавление) проводов, которые пронизывают эти сердечники. Системы памяти, в которых используется такой прием изменения программ управления, используют обычно запоминающие устройства на кольцевых сердечниках Даймонда.

Типичными примерами электронных станций с программным управлением и замонтированной логикой являются: английская станция ТХЕ-2 емкостью от 200 до 2000 линий, станция фирмы ITT Метаконта 11В емкостью от 100 до 2000 линий, станция фирмы «Automatic Electric» С-1 ЕАХ емкостью от 400 до 2500 линий, станция фирмы «Сименс» 10 000 Е емкостью от 300 до 10 000 линий и транзитная станция Кросспоинт № 1 емкостью 6000 линий фирмы «Automatic Electric».

Следует заметить, что вышеперечисленные системы, исключая только ТХЕ-2 и транзитную станцию № 1 Кросспоинт, оказывается экономически выгодным использовать в качестве станций малой емкости. Однако диапазон емкостей этих станций можно расширить, перекрывая даже нижний предел емкости телефонных станций с УЗП, который охватывает от 1000 до 2000 линий.

ТЕЛЕФОННЫЕ СТАНЦИИ НА ЯЗЫЧКОВЫХ РЕЛЕ С РЕГИСТРОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Английская станция ТХЕ-2 производится несколькими компаниями. Одна из этих станций, выпускаемая компанией «Плесси», получила название PENTEX. Это многозвенная система с пространственным разделением каналов и регистровым способом управления, обеспечивающая предоставление каждому разговорному тракту отдельной физической линии. Соединения в коммутационной схеме осуществляются под управлением централизованного управляющего устройства, которое построено на магнитных сердечниках, полупроводниках и

язычковых реле. В каждый момент времени центральное управляющее устройство обслуживает только один вызов, однако в силу высокого быстродействия электронных схем такая последовательная обработка вызовов не приводит к ощутимым задержкам в обслуживании даже при условии одновременного поступления нескольких вызовов. Если оказалось так, что первый установленный соединительный путь приводит к исходящему соединительному комплекту, а после набора номера выяснилось, что по этому вызову требуется установить внутристанционное соединение, то после приема информации регистр за межсерийное время успевает разрушить первоначально установленное соединение и установить новое, ведущее к внутристанционному релейному комплекту. Такое же распознавание типа вызова и переустановление соединения происходят и тогда, когда первоначальное соединение было установлено с внутристанционным релейным комплектом, а абонент потребовал установления внешнего исходящего соединения. Исходящие соединения устанавливаются через три звена схемы (*A*, *B*, *C*), как показано на рис. 8.3. Те же три звена коммутации совместно с четвертым звеном *D* используются при установлении входящих соединений и при завершении процесса установления внутристанционных

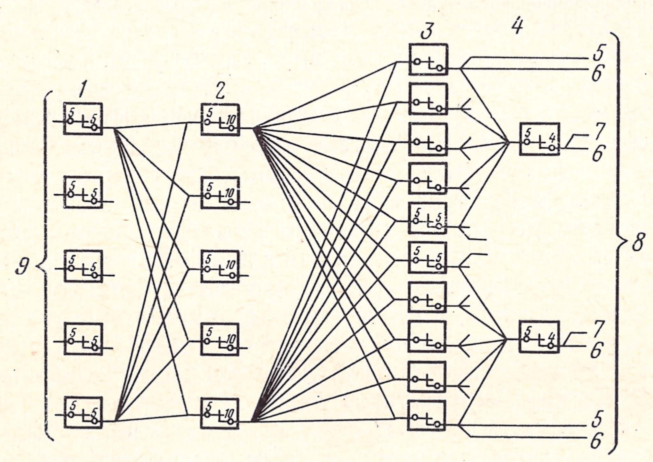


Рис. 8.3. Схема группообразования электронной телефонной станции TXE-2 (The Plessey Company, Ltd.):

1 — базовые коммутаторы звена *A*; *2* — коммутаторы звена *B*; *3* — коммутаторы звена *C*; *4* — коммутаторы звена *D*; *5* — исходящая СЛ; *6* — внутристанционная СЛ; *7* — входящая СЛ; *8* — к релейным соединительным комплектам; *9* — 25 абонентов

соединений. При установлении транзитных соединений устанавливается дополнительный соединительный путь от входящей соединительной линии к звену коммутации *A*.

Каждое звено коммутации, за исключением звена *A*, состоит из коммутаторов, построенных на базовых соединителях. Каждый базовый соединитель построен на 25 язычковых реле, упорядоченных в матрицу 5×5. Коммутатор *D* представляет собой матрицу 5×4. Каждое реле содержит четыре язычковых контакта, два из которых используются для коммутации разговорных цепей, третий — для коммутации третьего (пробного) провода, а четвертый — для цепей срабатывания и удержания.

ОСНОВНАЯ СХЕМА ГРУППООБРАЗОВАНИЯ

Базовый коммутатор на звене *A* позволяет пяти абонентам коллективно пользоваться пятью промежуточными соединительными линиями, ведущими к следующему звену коммутации *B*. Эти пять промежуточных линий ведут каждая к одному из пятивходовых коммутаторов звена *B*. Совокупность пяти базовых коммутаторов звена *A* (образующих одну колонку на рисунке) позволяет 25 абонентам получить доступ к пяти коммутаторам звена *B*. Дополнительная колонка коммутаторов звена *A* соединяется с первой колонкой таким образом, что не более двух коммутаторов могут коллективно пользоваться более чем одной промежуточной линией между звеньями *A* и *B*. Такое построение коммутационной схемы позволяет получить хорошие характеристики системы в отношении ее пропускной способности и, кроме того, равномерно размещать по группам коммутаторов звена *A* абонентские линии с высокой и низкой интенсивностью поступления вызовов. Максимальное число базовых коммутаторов, которые можно ввести на звене *A*, определяется допустимой величиной нагрузки, пропущенной 25 промежуточными линиями между звеньями *A* и *B*. Каждый коммутатор звена *B* имеет десять выходов, обслуживающих нагрузку от десяти коммутаторов звена *C*. Поэтому параметры коммутатора звена *B* приняты равными 5×10. Для обслуживания внутренней и входящей на станцию нагрузки предусмотрен коммутатор *D* с параметрами 5×4, который предоставляет четырем внутристанционным соединительным комплектам

и одному входящему комплекту соединительной линии возможность коллективно использовать пять промежуточных линий к пяти коммутаторам звена *C*.

Схема группообразования станции TXE-2 иллюстрирует следующие особенности, важные для систем, используемых в качестве станций малой емкости:

1) поскольку абонентские установки являются источниками малой нагрузки, то сначала необходимо эту нагрузку сконцентрировать, а уже затем подключать абонентские линии к соединительным комплектам и к регистрам, которые являются сравнительно дорогостоящими устройствами. Величина нагрузки на регистр и на соединительные комплекты составляет не менее 0,6 Эрл. Концентрацию нагрузки можно осуществить, используя два звена коммутации, однако с экономической точки зрения целесообразно коммутаторы звена *A* делать небольшими и поэтому предпочтительнее использовать трехзвенные схемы. Можно использовать и четыре звена, но дополнительные расходы на оборудование звена, а также связанное с этим усложнение управления делают введение его нецелесообразным;

2) входящие соединительные линии, являясь источниками большой нагрузки, могут подключаться непосредственно к соединительным комплектам;

3) входящие внутристанционные и внешние соединения проходят к абонентским линиям через четыре звена коммутации. Три звена (*C, B* и *A*) выполняют теперь уже в обратном порядке функции звеньев *A, B* и *C* для исходящих вызовов; кроме того, для обслуживания входящего вызова вводится звено *D*, которое служит для расширения возможностей доступа к коммутаторам звена *C* со стороны входящих и внутристанционных соединительных устройств и, следовательно, для уменьшения блокировки вызовов в системе;

4) доступ к регистрам со стороны соединительных комплектов организуется через ступень регистрового искания. Поскольку регистры — дорогостоящие устройства, то они подключаются к тем точкам системы, где наиболее высокая нагрузка. Даже в том случае, когда нагрузка, создаваемая соединительным комплектом, составляет менее 0,1 Эрл, необходимо ввести концентрацию прежде, чем осуществлять соединение с регистрами. Для повышения использования дорогостоящего регистра на ступени регистрового искания следует применять более сложные коммутационные схемы. Однако

обычно число звеньев этой схемы редко превышает единицу, особенно если учесть, что стоимость регистров и соединительных комплектов можно снизить, если ввести еще несколько управляющих проводов, связывающих эти устройства через ступень искания. При этом следует иметь в виду, что стоимость самой ступени искания увеличивается;

5) для упрощения управления системой все внутристанционные соединения обслуживаются сначала как исходящие, а затем как входящие;

6) надежность коммутационной системы определяется наличием обходных путей в системе и обеспечивается системой управления, которая направляет вызовы, встречающие затруднения при установлении соединения, через те коммутаторы, поведение которых указывает на отсутствие в них повреждений.

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ СТАНЦИИ

Для удобства описания работы станции предположим, что бо́льшая часть вызовов, поступающих на электронную станцию, является исходящими. Поэтому все поступающие вызовы первоначально направляются к исходящим релейным комплектам. Управление выбором промежуточных путей и процедурой установления соединения предполагает, что списочные номера вызывающего и вызываемого абонентов хранятся в регистре. Первый шаг в осуществлении этой операции состоит в формировании списочного номера инициатора вызова с помощью генератора номера вызывающего абонента, где преобразование номера оборудования EN в списочный номер абонента DN осуществляется в кольцевом запоминающем устройстве Даймонда. Это запоминающее устройство представляет собой матрицу, построенную из сердечников. Матрица содержит четыре ряда сердечников по десять в каждом ряду. Каждый ряд отображает одну цифру (от 0 до 9) номера абонента. Провод от абонентского комплекта, куда подключена абонентская линия, прошивает те кольцевые сердечники, которые соответствуют цифрам списочного номера абонента. Когда абонент поднимает микротелефонную трубку, в его абонентской линии возникает импульс тока, поступающий в его абонентский комплект и далее по проводу, пронизывающему сердечники ЗУ Даймонда. В результате во вторичных обмотках тех сердечников, че-

рез которые проходит провод данного абонентского комплекта, индуцируется ЭДС. Результирующие сигналы записываются в ЗУ, используемое для организации очереди, и после получения команды из устройства управления ЗУ информация переписывается в свободный регистр.

Процесс искания регистра, подключения к нему и освобождения его со стороны ЗУ, используемого для организации очереди, занимает примерно 10 мс. ЗУ очереди будет различать импульсы, поступающие с интервалом 200 мс. Вероятность того, что два абонента пошлют вызов на станцию в течение 200 мкс, составляет величину порядка 1/5000. Такое же значение будет иметь вероятность того, что на станцию, обслуживающую нагрузку в 180 Эрл, в течение 10 мс поступит третий вызов.

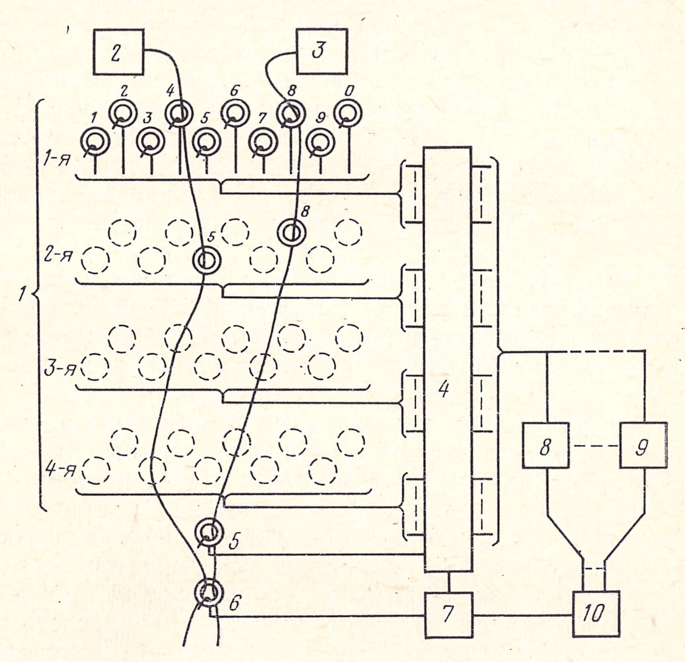


Рис. 8.4. Кольцевой транслятор Даймонда на ферритовых сердечниках, используемый в системе TXE-2 (The Plessey Company, Ltd.):

1 — цифра списочного номера; *2* — абонентский комплект; *3* — входящий комплект соединительных линий; *4* — ЗУ, используемое для формирования очереди; *5* — приоритет; *6* — начало (старт); *7* — устройство управления ЗУ; *8* — регистр № 1; *9* — регистр № *N*; *10* — искатель регистров

На рис. 8.4 показаны упрощенная схема генератора номера вызывающего абонента, ЗУ очереди регистров, а также проиллюстрирован способ преобразования номеров оборудования EN в списочные номера DN с помощью кольцевого ЗУ Даймонда. Следует заметить, что если необходимо изменить списочный номер абонента, то достаточно изменить перепрошивку провода через сердечники, что приведет к соответствующим изменениям на выходе генератора номера вызывающего абонента. Это свойство ЗУ хорошо иллюстрирует «программируемый» характер системы TXE-2.

УСТАНОВЛЕНИЕ ИСХОДЯЩЕГО СОЕДИНЕНИЯ

Общая схема управления станцией TXE-2 показана на рис. 8.5. Чтобы установить соединение от линии вызывающего абонента к релейному комплекту, необходимо регистру, который теперь уже имеет и хранит информацию о номере вызывающего абонента, предоставить полный доступ к устройствам управления установлением соединения. Это обеспечивается устройством искания регистров, которое обслуживает каждый раз только один регистр; при этом регистры упорядочиваются этим устройством в некоторую произвольную последовательность.

После соединения с устройством управления установлением соединения в коммутационной схеме номер вызывающего абонента, сформированный генератором импульсов набора номера, поступает в декодер, где он преобразуется из кода «2 из 5» в десятичный код, в результате чего на определенном выходном проводе появляется соответствующий сигнал. Этот провод проходит через сердечник, отмечающий класс обслуживания в поле трансляции, и далее к реле маркера абонентских комплектов. Во вторичной обмотке сердечника, отмечающего категорию обслуживания, генерируется сигнал, указывающий на категорию обслуживания абонента (обычный, спаренный). Этот сигнал непосредственно воспринимается регистром и релейным соединительным комплектом, если он к этому моменту будет уже занят. Поле трансляции позволяет сопоставить любому абонентскому комплекту безотносительно к его местоположению на стативе абонентских комплектов вполне определенный списочный номер абонента. Здесь следует вновь отметить «программируемый» характер станции

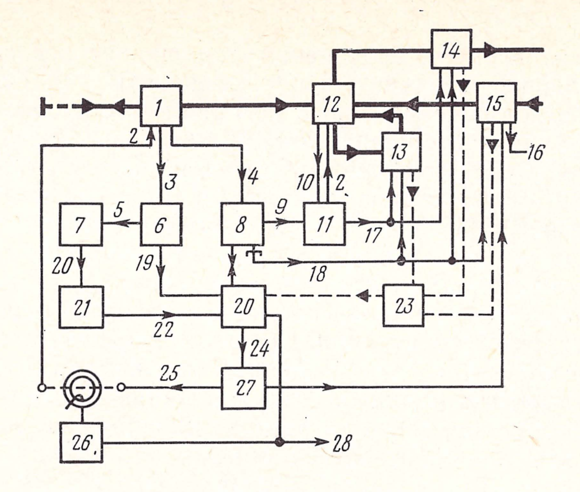
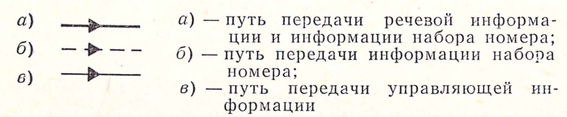


Рис. 8.5. Общая схема управления станции ТХЕ-2 (The Plessey Company, Ltd.):

1 — абонентский комплект; *2* — маркировка; *3* — импульсы, сигнализирующие о поступлении вызова; *4* — состояние линии; *5* — занятие ЗУ; *6* — ЗУ очереди и генератор номеров вызывающих абонентов; *7* — устройство управления ЗУ; *8* — устройство управления соединением; *9* — включение схем выборки; *10* — тест; *11* — схемы выборки; *12* — коммутационная схема (звенья *A*, *B*, *C*, *D*); *13* — внутристанционный шнуровой релейный комплект; *14* — релейный комплект исходящей соединительной линии; *15* — входящий комплект соединительной линии; *16* — импульсы, поступающие из аппарата вызывающего абонента в генератор номеров вызывающих абонентов; *17* — релейный комплект, выбранный в соответствии с маркировкой; *18* — опрос; *19* — номер вызывающего абонента в коде «2 из 5»; *20* — регистр; *21* — искатель регистров; *22* — промаркировать выбранный регистр; *23* — схема подключения к регистру; *24* — номера абонентов в коде «2 из 5»; *25* — номера абонентов в десятичном коде; *26* — класс обслуживания; *27* — декодер; *28* — к релейному соединительному комплекту. Условные обозначения:



а) — путь передачи речевой информации и информации набора номера;
б) — путь передачи информации набора номера;
в) — путь передачи управляющей информации

ТХЕ-2 в том отношении, что изменение категории обслуживания абонента достигается путем перепрошивки абонентского провода через поле сердечников, отмечающих категорию обслуживания.

На этом этапе установление разговорного тракта начинается с работы реле маркера, которое маркирует пять точек коммутации в коммутаторе звена *A*, к которому подключена линия абонента. Устройство управле-

ния установлением соединения опрашивает все свободные релейные соединительные комплекты (в данном случае исходящие релейные комплекты) с целью выяснения наличия свободных линий, тем самым предоставляя возможность выбора подходящего коммутатора звена *C*. Затем устройства управления исканием отыскивают соединительный путь через коммутаторы звеньев *A*, *B* и *C*, после чего выбирают один из свободных релейных соединительных комплектов и начинают установление соединения релейного комплекта с регистром через ступень регистрового искания. Теперь производится маркирование от конца к концу по всем звеньям *A*, *B* и *C*, но уже в обратном порядке. Маркирование производится последовательно, звено за звеном, начиная со звена *C*. После завершения процесса коммутации между релейным комплектом и линией вызывающего абонента происходит изменение потенциала в абонентском комплекте. Это изменение обнаруживает устройство управления установлением соединения. Устройства выбора соединительного пути и управления установлением соединения освобождаются, и из регистра в линию абонента поступает зуммерный сигнал «Ответ станции». Длительность операций с момента снятия микротелефонной трубки до момента приема сигнала «Ответ станции» составляет приблизительно 55 мс.

ТЕЛЕФОННАЯ СТАНЦИЯ МЕТАКОНТА 11В ФИРМЫ ITT

Название Метаконта, которое является торговой маркой фирмы ITT, дается станциям с программным управлением, в которых программа может храниться либо в виде программных средств, либо в виде аппаратной реализации. Станция 11В относится к типу систем коммутации, управляемых по замонтированной программе и используемых в качестве станций средней емкости. Используя методы многозвенной коммутации с общим управлением, на станции предполагается использовать двузвенное построение при обслуживании от 16 до 512 абонентских линий и четырехзвенное построение при обслуживании до 6000 абонентских линий. При построении общего управления на станции с двузвенным построением коммутационной схемы для выполнения всех функций управления предусматривается один маркер, а на станции с четырехзвенным построением коммутационной схемы предусматривается использование маркера абонентских линий и маркера соединительных ли-

ний, которые работают под управлением центрального маркера, связанного с генератором тактовых импульсов. Как видно из рис. 8.6, четырехзвенная схема коммутации содержит два коммутационных блока: блок абонентских линий (LSU) и блок соединительных линий (TSU), каждый из которых содержит два звена коммутации. В

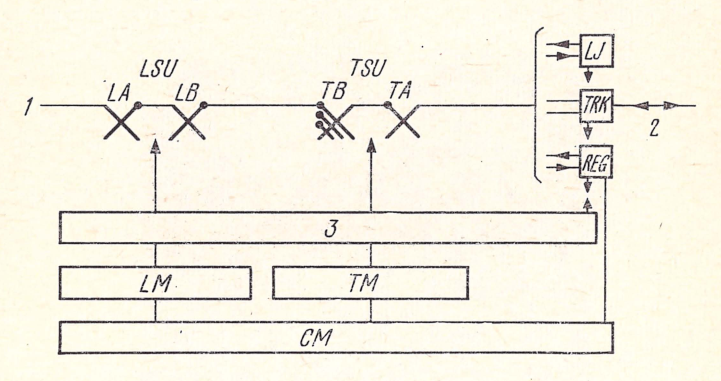


Рис. 8.6. Четырехзвенный вариант коммутационной схемы Метаконта 11В с общим управлением:

1 — абонент; *2* — удаленная станция; *3* — периферийное управление

блок абонентских линий включаются 256 абонентских линий с большой нагрузкой или 512 абонентских линий с малой нагрузкой. Для обслуживания нагрузки, поступающей максимум от 12 228 абонентов, на станции может быть включено до 24 блоков соединительных линий.

Выбор емкости блоков абонентских линий, равной 256, был обусловлен использованием соединителей минисвитч фирмы ITT. Этот соединитель имеет 512 одиночных контактов, работающих парами и образующих точки коммутации. В результате 256 пар контактов соответствуют матрице из точек коммутации емкостью 16×16.

Транслятор категории номера строится на ферритовых сердечниках, упорядоченных в некоторую структуру, определяющую для каждого абонента его списочный номер, категорию обслуживания исходящего и входящего вызовов. Сердечники и связанные с ними формирователи записи и считывания монтируются на одном блоке. Каждый блок обслуживает 64 абонента, присваивает каждому абоненту четырехзначный номер, а так-

же одну из 32 категорий обслуживания исходящих вызовов и одну из 16 категорий обслуживания входящих вызовов. После получения инструкций из маркера абонентских линий сканнер и связанные с ним устройства определяют номера оборудования или списочные номера

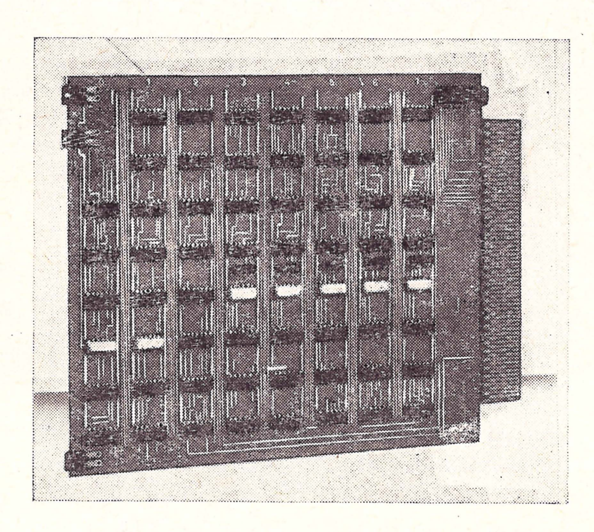


Рис. 8.7. Печатная плата с интегральными микросхемами, используемая на станции Метаконта 11В

линий вызывающего и вызываемого абонентов и получают информацию о соответствущей категории обслуживания.

Все устройства, включая соединители минисвитч, монтируются на печатных платах, снабженных разъемами, что облегчает эксплуатацию систем (рис. 8.7).

ТЕЛЕФОННАЯ СТАНЦИЯ С-1 ЕАХ ФИРМЫ «AUTOMATIC ELECTRIC»

На станции С-1 ЕАХ, схема которой показана на рис. 8.8, для обслуживания 2500 абонентских линий применяется трехзвенная коммутационная схема, построенная на соединителях фирмы «Automatic Electric». Первое звено — звено *A* коммутационной схемы, содержит максимум 25 коммутаторов (построенных на соединителях), число входов в каждом из которых равно 100, а число выходов — максимум 12. Звено *B* содержит

12 коммутаторов, в каждом из которых 25 входов и 25 выходов. Звено C содержит такое же число коммутаторов и с такими же параметрами, что и звено A. Звено A — это звено с концентрацией, звено B — звено распределения, звено C — звено с расширением. На станции EAX используется центральный процессор, который вырабатывает кодированные команды и направ-

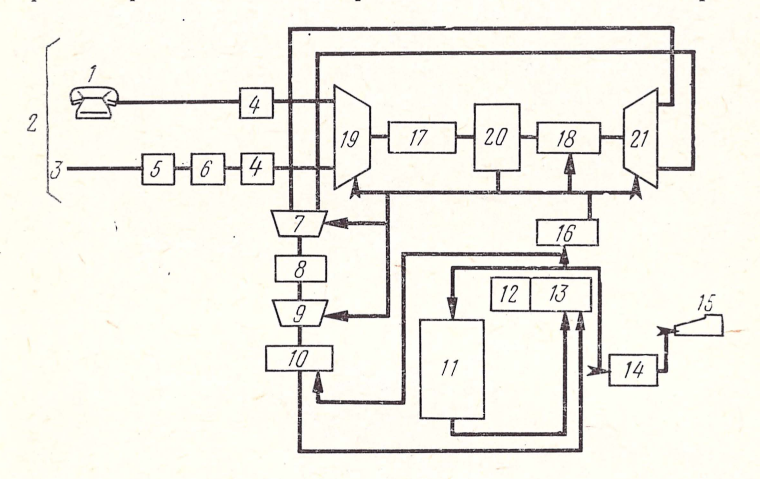


Рис. 8.8. Схема станции С-1 EAX:

1 — абонентские линии; *2* — 2500 линий; *3* — входящие и исходящие соединительные линии; *4* — абонентский комплект; *5* — комплект соединительной линии; *6* — комплект сопряжения соединительной линии; *7* — первое звено ступени регистрового искания *AR*; *8* — регистровый комплект; *9* — второе звено ступени регистрового искания *R*; *10* — регистры и передатчики; *11* — память на сердечниках; *12* — буфер повреждений; *13* — центральное устройство обработки информации; *14* — пульт управления; *15* — печатающее устройство; *16* — маркер; *17* — исходящий шнуровой комплект; *18* — входящий шнуровой комплект; *19* — ступень *A*; *20* — ступень *B*; *21* — ступень *C*

ляет их в электронные схемы маркеров. Затем в маркере эти команды расшифровываются и в соответствии с ними для установления требуемых соединений в определенные коммутаторы посылаются потенциальные сигналы.

Центральный процессор связан с устройством памяти на кольцевых сердечниках, построенным по принципу Даймонда. В этом запоминающем устройстве хранится следующая цифровая информация: 1) статус каждой абонентской линии, исходящего соединительного комплекта, регистрового комплекта, входящего соединительного комплекта, регистра; 2) категория обслуживания этих устройств; 3) правило пересчета списочного номера

абонента в номер оборудования; 4) таблица групп искания соединительных линий, таблица кодов сокращенного набора номера и т. д.; 5) программа управления последовательностью выполнения операций центрального устройства обработки информации. Именно ЗУ на сердечниках, применяемое на станции, придает ей свойства «программируемой станции».

Принцип действия ЗУ на сердечниках становится понятным после рассмотрения рис. 8.9. Это ЗУ состоит из сравнительно больших по размеру ферритовых сердечников, которые прошиты большим числом проводов, на-

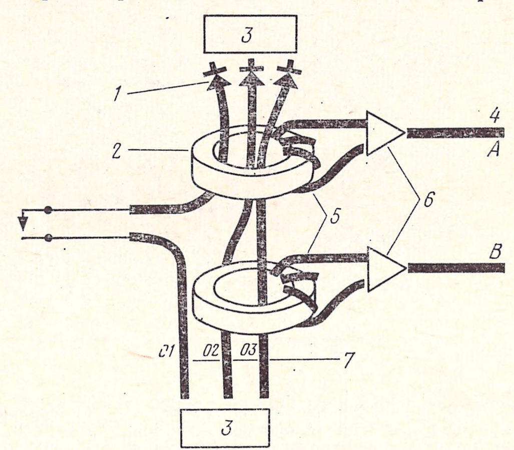


Рис. 8.9. Система ЗУ на ферритовых сердечниках, используемого на станции С-1 ЕАХ с программным управлением:

1 — диоды; *2* — ферритовый сердечник; *3* — логические схемы выборки и выдачи импульсов; *4* — выход; *5* — обмотки считывания; *6* — усилители считывания; *7* — шины выдачи и записи слов информации

зываемых словными[1]. Кроме этих пронизывающих сердечник проводов, есть провода, огибающие сердечник извне. На каждый сердечник намотана обмотка считывания, на выходе которой включен усилитель считывания. Если на проводе, прошивающем сердечник, возникает

[1] Английское название «word wire» соответствует наименованию шины, по которой проходит информация (слово), подлежащая записи в ячейку памяти. При использовании ферритовой памяти описываемого типа таких шин может быть много — по числу различных слов, которые необходимо хранить в памяти. *(Примеч. перевод.)*

электрический импульс, то в обмотке считывания этого сердечника индуцируется ЭДС. Если же возникает электрический импульс на проводе, огибающем сердечник, то в обмотке считывания этого сердечника ЭДС индуцироваться не будет. Таким образом, чтобы запомнить какое-либо слово информации, необходимо подать импульсы только на те провода, которые прошивают сердечники. Различение двоичной единицы и нуля (1 и 0) происходит следующим образом. Если импульс подается на провод, проходящий через сердечник, то генерируется двоичная 1, если же импульс подается на провод, огибающий сердечник, то генерируется двоичный 0. Используя большое число проводов в запоминающих устройствах такого типа, можно хранить сравнительно большое количество информации. Любое слово памяти может быть считано в любой момент времени при подаче импульса на соответствующий провод.

Память на ферритовых кольцевых сердечниках конструктивно оформляется в виде модулей, каждый из которых содержит 20 сердечников, 720 словных проводов, две матрицы терминалов и 36 диодных плат. Такой способ конструктивного оформления позволяет легко вносить изменения в ЗУ, удаляя или, наоборот, добавляя словный провод, а также изменяя его местоположение. Например, если абонент изменяет местоположение своего телефонного аппарата и соответственно изменяется его абонентская линия, к которой он теперь оказывается подключенным, однако при этом абонент желает сохранить за собой свой прежний списочный номер, то в этом случае нужно просто изменить местоположение словного провода в ЗУ.

ТЕЛЕФОННАЯ СТАНЦИЯ ESK 10000E ФИРМЫ «СИМЕНС»

Эта станция является другим примером станции с программным управлением. Коммутационная схема станции построена на реле ESK. Это малогабаритный коммутационный прибор, контакты которого выполнены из серебряно-палладиевого сплава. Станции этого типа используются в качестве центральных и транзитных. В зависимости от назначения станции блок коммутации соединительных линий строится двух- или четырехзвенным.

Устройство общего управления хотя и использует замонтированную программу, строится по принципу уп-

равляющих ЭВМ. Оборудование управления использует транзисторно-транзисторную логику. Маркеры обеспечивают соединение входов схемы с выходами. Программирование работы станции осуществляется с помощью микропрограммного устройства, в котором к ЗУ на сердечниках подводятся словные провода. Это ЗУ позволяет осуществлять только считывание информации. Программы содержат 2×1024 слова по 12 бит каждое; цикл обращения к памяти составляет 1 мкс. Слово команды содержит 12 бит, которые распределяются следующим образом: 6 бит — адрес точки коммутации, 5 бит — для одной из 27 команд, 1 бит — бит проверки на четность. Вся информация обрабатывается в последовательной форме символ за символом. Для символа принят формат в 6 бит; выбор такого формата обусловлен тем, что информация в регистр поступает в коде «2 из 6». Запоминающие устройства, используемые в трансляторах, строятся на базе довольно больших по размеру сердечников в виде устройств памяти только со считыванием информации. Содержимое ячеек памяти может легко изменяться. Устройства памяти хранят по 100 слов на 48 бит каждое с циклом обращения в памяти 3 мкс и размещаются на съемных платах. Они используются для преобразования кодов, различного рода пересчетов и трансляций, которые могут изменяться в процессе работы станции.

ТЕЛЕФОННАЯ СТАНЦИЯ № 1 КРОССПОИНТ ФИРМЫ «AUTOMATIC ELECTRIC»

Коммутационная схема станции № 1 CPT[1] содержит четыре звена коммутации. Точки коммутации построены на язычковых реле (названных фирмой АЕ корридами), а устройство общего управления — на базе замонтированной логики. Оно содержит ряд функциональных блоков, имеющих следующую аппаратную реализацию:

1) электромеханические регистры-передатчики;

2) электромеханическую схему коммутации регистров-передатчиков;

3) электронное устройство управления схемой коммутации регистров-передатчиков;

[1] CPT — сокращение английского названия станции Crosspoint Tandem. *(Примеч. перевод).*

4) электронные распределители;

5) память трансляций без разрушения информации при считывании, с изменением содержимого памяти механическим способом;

6) электронные маркеры.

Несмотря на то что станция № 1 СРТ использует замонтированную логику, тем не менее она обладает значительной гибкостью в программировании возможных изменений информации о категории обслуживания соединительных линий, информации о преобразовании адресов и т. д. В этих случаях информация записывается в ЗУ транслятора, которое представляет собой набор диодных коммутируемых матриц и допускает считывание информации без ее разрушения. Эти матрицы, которые, по существу, являются главными элементами транслятора, монтируются на таких же платах, на которых монтируются микросхемы. На каждой плате в различном порядке может размещаться три, пять и десять диодных матриц. Обычно используют три типа выводов с матрицы: укороченный и два вывода с полюсов диода. Для этого транслятора были разработаны следующие специальные функциональные логические платы: преобразователя кода «2 из 6» в десятичный код с проверкой на четность; групповой выборки; выборки главной группы; комбинаций кодов и категорий обслуживания; выборки подгрупп.

Аппаратная реализация программы в трансляторе допускает переключения на различных коммутируемых матрицах. В устройстве кодирования категорий обслуживания каждая плата с коммутационной матрицей 50×40 соответствует 100 абонентским или же 100 входящим соединительным линиям. Для каждого входа абонентской линии на коммутационной матрице набирается трехразрядная маркировка категории обслуживания в коде «2 из 5». Маркировка категории обслуживания в сочетании с кодом, указываемым транслятором, служит для определения требуемого номера группы исходящих соединительных линий.

Элементы управления по записанной программе

Термин «управление по хранимой в памяти программе»[1] возможно и не является удачным, однако он теперь почти повсюду принят для наименования того типа электронного управления процессом коммутации, при котором управляющие программы хранятся в памяти и реализованы в виде программных средств, которые легко могут быть изменены, или же, по крайней мере, их можно изменить быстрее, чем при аппаратной реализации программ.

Идея хранимой в памяти программы в телефонной коммутации не является новой. Например, в электромеханических системах координатного типа можно считать, что память распределена по регистрам и передатчикам, а логика сосредоточена в маркерах. Память «знает», какие телефонные аппараты нужно соединить, а логика «решает», какие соединительные пути следует проложить между ними. Таким образом видно, что даже до создания ЭВМ системы телефонной коммутации включали в себя элементы управления типа ЭВМ. Однако возможности, которыми обладает управление по хранимой в памяти программе, смогли проявиться лишь после проведения разработок в области ЭВМ.

Хотя сложность большинства телефонных станций с управлением по записанной программе дает повод предположить обратное, тем не менее следует иметь в виду, что управление по записанной программе по типу ЭВМ может быть введено в любые электромеханические телефонные станции, которые имеют систему маркеров в части общего управления. Необходимо лишь обеспечить проверку состояния некоторых реле в маркерах, в устройствах передачи и в устройствах опознавания линии вызывающего абонента. По мере того как маркер «обрабатывает» поступивший вызов, результаты идентификации линии вызывающего абонента, а также ин-

[1] В нашей литературе чаще говорят об управлении по записанной программе. (*Примеч. перевод.*)

формация из регистра передачи с указанием его номера могут запоминаться в ЭВМ. Цифры набора номера, запоминаемые в регистре, также можно контролировать и направлять в ЭВМ. Тогда при управлении с помощью ЭВМ обычная операция передачи цифр, соответствующих номеру вызываемого абонента, из регистра в линию заменяется передачей некоторого числа, которое формируется ЭВМ и определяется не только набранным номером линии вызываемого абонента, но и результатом сопоставления этого номера с содержимым ячеек памяти, в которых хранится информация о категории обслуживания вызывающего и вызываемого абонентов. При таком распределении ролей ЭВМ работает как некоторый усложненный регистр-транслятор, обеспечивающий предоставление большей части тех услуг, которые обычно связывают с управлением по записанной программе, используемым на больших телефонных станциях. Значительные разработки по созданию такой системы управления были проведены в Эссекском университете в Англии, поэтому эту систему называют эссекской системой с элементами управления по записанной программе — Essex System of Addon SPC (рис. 9.1).

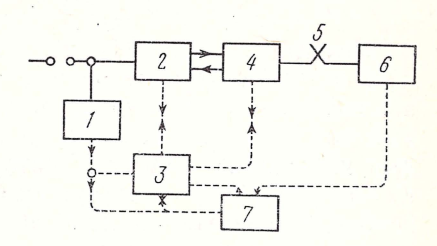


Рис. 9.1. Система ESSEX с УЗП (IEEE — ISS Record):

1 — релейная схема опознавания линий; *2* — коммутационная схема; *3* — маркер; *4* — релейные комплекты передачи; *5* — коммутационная схема ступени регистрового искания; *6* — регистры; *7* — управление на базе ЭВМ

Структурная схема телефонной станции с управлением по записанной программе[1] представлена на рис. 9.2. Центральное устройство управления получает информацию от трех элементов: сканнера, ЗУ вызовов[2] и ЗУ программ. Оно передает информацию в коммутационную систему и распределитель сигналов, который,

[1] Будем в дальнейшем обозначать такой вид станций, как АТС с УЗП. *(Примеч. перевод.)*

[2] В нашей литературе оперативное ЗУ (по Хоббсу — ЗУ вызовов) называют также ЗУ данных или ЗУ соединений. Поскольку не всякий вызов заканчивается соединением и не всякие данные хранятся в этом ЗУ, то было бы правильнее называть его ЗУ данных о состоянии системы. *(Примеч. перевод.)*

в свою очередь, связан с блоком соединительных линий. Поскольку в этой главе будут рассматриваться только элементы управления с записанной программой, то о сканнере и распределителе сигналов здесь будет сказано кратко. Достаточно сказать, что каждая телефонная система включает в себя устройства для обнаружения вызовов и для наблюдения за текущими соединениями.

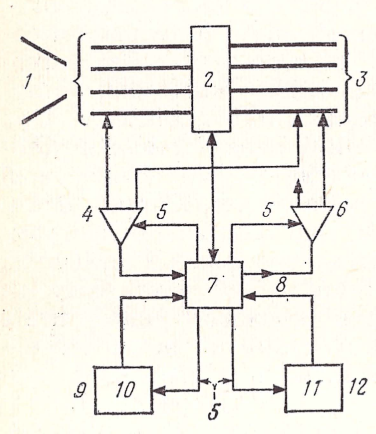


Рис. 9.2. Основные элементы телефонной станции с управлением по записанной программе:

1 — абонентские линии; *2* — коммутационная схема; *3* — к другим станциям; *4* — сканнер; *5* — адрес; *6* — распределитель; *7* — центральное устройство управления; *8* — процессор; *9* — ЗУ вызовов; *10* — временна́я память; *11* — полупостоянная память; *12* — ЗУ программ

Исходную информацию управляющее устройство АТС с УЗП получает путем сканирования состояния абонентских и соединительных линий, а также различных диагностических точек через определенные дискретные интервалы времени, которые задаются системой. Кроме устройств, реализующих функции сканирования, необходимо иметь средства, предназначенные для включения и выключения реле в комплектах соединительных линий, в служебных комплектах, а также в цепях управления источниками питания. Распределители сигналов принимают и расшифровывают команды центрального устройства управления и в соответствии с ними распределяют по различным реле типовой АТС с УЗП импульсные сигналы большой мощности и длительности. Коммутационные схемы на АТС с УЗП могут быть реализованы на различных элементах, начиная с соединителей на язычковых реле и многократных координатных соединителей и кончая соединителями на электронных элементах, однако это обстоятельство особым образом не отражается на функции управляющего устройства с записанной программой.

ТИПОВАЯ ТЕЛЕФОННАЯ СТАНЦИЯ С УПРАВЛЕНИЕМ ПО ЗАПИСАННОЙ ПРОГРАММЕ

Основными элементами системы управления по записанной программе являются центральный процессор, ЗУ вызовов и ЗУ программ. Иногда для того чтобы лучше отразить в названии функции устройства, ЗУ вызовов называют ЗУ процессов, а ЗУ программ называют ЗУ инструкций и трансляций. Такие названия приняты в экспериментальной системе коммутации с управлением по записанной программе, разработанной фирмой «Автоматика и электричество» («Automatic Electric»).

Хотя эта система не нашла применения, тем не менее ее элементы очень хорошо иллюстрируют особенности системы с управлением по записанной программе, и поэтому именно эта система была выбрана для описания типовых устройств системы с УЗП. Часть этой системы, относящаяся к общему управлению, проста по структуре, и для иллюстрации работы системы с УЗП ее можно описать достаточно подробно, даже не оста-

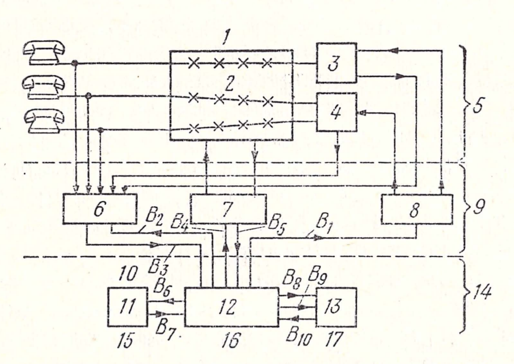


Рис. 9.3. Особенности работы станции с УЗП:

1 — коммутационные матрицы 8×8 (индивидуальные коридовые модули 2×32); *2* — коммутационная схема; *3* — схема приема набора номера; *4* — комплекты внутристанционной связи; *5* — телефонная часть; *6* — опознаватель входов; *7* — управляющее устройство коммутационной схемы; *8* — выходной генератор; *9* — оборудование сопряжения (интерфейс) телефонной части и ЭВМ; *10* — ЗУ программ; *11* — ЗУ инструкций и трансляций; *12* — центральный процессор; *13* — ЗУ процессов; *14* — общее управление по записанной программе; *15* — механически изменяемая (с изменяемыми программными картами)твисторная память с сохранением информации при считывании; *16* — специализированная цифровая ЭВМ; *17* — ферритовая память с линейной выборкой и произвольным доступом объемом в 1024 слова по 32 бита каждое

навливаясь на деталях. Она состоит из центрального процессора, ЗУ инструкций и трансляции (ЗУ программ) и ЗУ процессов (ЗУ вызовов) (рис. 9.3). Эта система была спроектирована для обслуживания до 10 000 абонентских и соединительных линий и предполагалась для использования в качестве центральной телефонной станции.

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ПРОЦЕССОР

В этой системе центральный процессор представляет собой специализированную цифровую вычислительную машину, которая непрерывно со скоростью 180 000 инструкций в секунду выполняет инструкции программы, записанной в ЗУ инструкций и трансляции. Каждые 5,5 мкс программа заменяет адрес на шине B_6, принимает по шине B_7 инструкцию, хранящуюся в памяти по этому адресу, и затем выполняет эту инструкцию. Таким образом, записанная в памяти программа управляет всей работой центральной телефонной станции.

Регистры, построенные на триггерах, совместно с логическими схемами выполняют различные инструкции внутри центрального процессора, число которых может достигать 45. Эти инструкции можно сгруппировать и разделить на три категории: 1) инструкции, которые связаны с обработкой содержимого внутренних регистров; 2) инструкции, связанные с передачей команд в другие устройства и с приемом ответных сигналов от них; 3) инструкции по принятию решений.

«Решающие» инструкции отличаются от «нерешающих» тем, что при выполнении «решающей» инструкции центральный процессор осуществляет проверку и в зависимости от результата проверки выбирает следующую инструкцию из одной из двух возможных ячеек памяти программ. После выполнения «нерешающей» инструкции центральный процессор не имеет выбора в отношении того, какую инструкцию ему нужно выполнить вслед за данной. Логическая система центрального процессора построена на обычных диодно-транзисторных элементах НЕ—И. По конструкции логические схемы процессора представляют собой группу соединенных между собой плат печатного монтажа, которые могут связываться с другими подсистемами через формирователи и приемники. Оценивая устройство по числу активных элементов, можно указать, что логическая система про-

цессора состоит примерно из 6000 транзисторов и 25 000 диодов и выполнена на 385 печатных платах. Эти платы собираются в секции, которые затем группами по 12 штук устанавливаются на стативах высотой 7 футов (2,19 м). В процессоре девять секций плат используются для размещения электронных логических схем, а две секции плат — для разводки питания. Таким образом, один двухметровый статив вмещает весь центральный процессор. Печатные платы включаются в штепсельные разъемы с 46 выводами; соединение плат между собой осуществляется методами ленточного монтажа.

ЗУ ПРОГРАММ

Запоминающее устройство программ представляет собой механически изменяемую путем замены карт твисторную память с сохранением информации при считывании. Объем ЗУ равен 20 480 словам по 32 бита каждое. Запоминание информации осуществляется путем пробивки отверстий на кодовых пластинках, выполненных из меди, которые собираются в модули памяти. Твисторный элемент служит для опознавания наличия или отсутствия меди в непосредственной окрестности точки, соответствующей размещению информационного бита. При организации памяти используется слово двойной длины, равной 64 битам, поэтому общее число слов хранения составляет 10 240. Всего имеется 10 240 сердечников-переключателей с ленточной намоткой, и каждый предназначается для выборки слова двойной длины. Из этих сердечников-переключателей формируется несимметричная матрица, называемая первичной, сердечники которой выбираются с помощью четырех вторичных матриц, построенных на таких же сердечниках. ЗУ программ взаимодействует с центральным процессором по специальной системе шин. Поскольку эта память типа «считывание без записи», то ее содержимое центральный процессор изменять не может. Если центральный процессор по шине B_6 пошлет в ЗУ программ адрес ячейки памяти, то в ответ получит программную инструкцию, которая хранилась в этой ячейке. Ответ из ЗУ поступает примерно через 2 мкс, причем информация передается по шине B_7. Таким образом, шины B_6 и B_7 являются самыми загруженными во всей системе. 16-битовое адресное слово расшифровывается с тем, чтобы

выбрать соответствующие сердечники во вторичных матрицах, которые, в свою очередь, задействуют схемы выборки сердечника в первичной матрице.

Сигналы на выходе сердечника первичной матрицы адресованы непосредственно к двойному слову памяти. При этом один из бит адреса используется для выборки одной из двух 32-битовых групп, составляющих слово двойной длины; и именно одна из этих групп бит помещается в 32-битовый регистр данных.

Не все ячейки памяти содержат инструкции. Часть памяти программ используется для хранения таблиц трансляций, к которым относятся обычные перекодировки номеров абонентов в терминальные окончания абонентских линий, а также информация о категории обслуживания и списки абонентов с правом сокращенного набора номера. В общем случае таблицы трансляций могли бы включить всю необходимую информацию для реализации любого нового вида обслуживания, который мог бы быть введен в систему.

Кодовые пластинки, используемые в ЗУ программ, пробиваются на электромеханическом перфораторе, который может совершать два движения: X—Y (горизонтальное и вертикальное). Каждый из 16 перфораторов используется для выборочной пробивки битовой матрицы 8×8. Схемой управления перфораторами и схемой их выборки управляют с помощью кодированных IBM-карт, содержимое которых считывается читающим устройством перфокарт IBM.

ЗУ ПРОЦЕССОВ (ВЫЗОВОВ)

Запоминающее устройство вызовов представляет собой память на ферритовых сердечниках с линейной выборкой и произвольным обращением, объемом в 1024 слова по 32 бита каждое. Оно может работать в режимах «чтение с восстановлением» и «гашение — запись». Временно́й цикл работы памяти в любом из режимов составляет 5,5 мкс, а время выборки любого слова — 2 мкс. Центральный процессор обращается к 32-битовым ячейкам этой памяти по шине B_8, по которой он посылает адрес ячейки. В противоположность ЗУ программ содержимое ячеек ЗУ вызовов может быть изменено центральным процессором.

Цикл памяти вызовов начинается с команды, поступающей из центрального процессора. Распознав эту

команду, ЗУ декодирует первые 10 бит 16-битового адреса, передаваемого центральным процессором, и использует полученную информацию для выборки такой комбинации задающего устройства и переключателя, которая соответствует нужному слову памяти. Если центральный процессор потребует работы ЗУ в режиме «чтение с восстановлением», пара «задающее устройство — переключатель» формирует ток считывания, проходящий по выбранной «линии слова». Этот ток заставляет переключиться все сердечники, которые находились в состоянии 1, а также приводит к изменению выходных сигналов на этих «линиях считывания»; содержимое разрядов — биты, которые соответствовали 0, не изменяются, и на соответствующих выходах происходят лишь незначительные изменения сигнала. При выполнении инструкции «запись в ЗУ вызовов» центральный процессор посылает в ЗУ вызовов по шине B_9 информацию из одного из своих регистров, а ЗУ вызовов записывает эту информацию в ячейку памяти, адрес которой передается по шине B_8. Для каждого бита предусмотрен усилитель считывания, который усиливает сигнал и посылает его в регистр данных.

Режим «гашение—запись» аналогичен рассмотренному, за исключением того, что усилители считывания не используются, а новая информация поступает в регистр данных непосредственно из центрального процессора. Запись новой информации в память производится путем списывания информации из регистра данных. По инструкции «считывание из памяти вызовов» ЗУ по шине B_{10} выдает содержимое ячейки памяти, адрес которой передается по шине B_9, а центральный процессор принимает эту информацию во внутренний регистр. ЗУ вызовов является, по существу, расширением регистров хранения информации, находящихся в центральном процессоре. Действительно, по завершении какой-то небольшой работы центральному процессору часто бывает необходимо «передвинуть» некоторую информацию, которая в будущем может потребоваться. В ЗУ вызовов содержится информация о цифрах номера абонента, наличии соединительных линий, служебных комплектах и много других данных, которые часто изменяются. О значении ЗУ вызовов можно судить по тому, что 20% инструкций центрального процессора составляют инструкции считывания и записи, предназначенные для этой памяти.

ЗАПИСАННАЯ ПРОГРАММА

На телефонной станции, где управление организовано по записанной программе, все функции по установлению соединения, начиная от первоначального обнаружения вызова и кончая разрушением ранее установленных в схеме соединений, выполняются под управлением записанной программы. Подсистемы и телефонные устройства проектируются таким образом, чтобы облегчить осуществление программного управления и обеспечить удобное сопряжение (интерфейс) устройств управления по записанной программе с функциональными блоками, работающими в реальном масштабе времени. Вся программа полностью помещается в списочно-адресную память инструкций, на которую обычно ссылаются как на память программ. Центральный процессор связан с устройствами управления и со всеми другими устройствами, относящимися к телефонной связи, через входной опознаватель (сканер) и выходной генератор. Каждая абонентская линия, соединительная линия, приемник, передатчик, рабочее место оператора, перфоратор и печатающее устройство имеют контрольную точку сканирования, состояние которой проверяется опознавателем (сканером). Входная информация об изменении состояния этих устройств поступает из соответствующих точек сканирования в ЗУ. Процессор управляет работой каждого устройства с помощью соответствующего триггера, который связан с этим устройством и включен на выходе генератора. Длина записанной программы является функцией возможностей, которые в ней заложены, и практически не зависит от объема оборудования станции (числа абонентских и соединительных линий и т. д.). Часть программы, связанная с обработкой информации о вызовах, содержит не более 12 000 инструкций.

ПРОГРАММЫ ПОДГОТОВКИ И СИГНАЛИЗАЦИИ

На телефонной станции вызовы поступают по входящим междугородным соединительным линиям, по соединительным линиям пригородной связи, обслуживаемой по городскому тарифу, по соединительным линиям от устройств, обслуживаемых оператором, и по местным абонентским линиям. Каждый источник вызовов обслуживается либо индивидуально как отдельная соединительная линия, либо коллективно как группа линий;

при этом состояние источника вызовов проверяется периодически путем сканирования. Чтобы обнаружить требования на обслуживание и начать установление соединений с соответствующими устройствами приема информации, в процессе сканирования производится опробование состояния точек сканирования. Для приема управляющих сигналов от АТС, использующих различные виды сигнализации, станция содержит приемники многочастотных, двухчастотных, тастатурных сигналов и сигналов постоянного тока, а также многочастотные передатчики и передатчики постоянного тока. Выходы приемников подключены к точкам сканирования опознавателя входов, а входы передатчиков — к триггерам выходного генератора. Отдельные программы собирают информацию о цифрах абонентского номера из многочастотных, двухчастотных и тастатурных приемников, а также на основе импульсов набора номера, которые поступают из источников постоянного тока. Выдача информации выполняется другими программами и может происходить двумя способами. При многочастотной передаче в течение определенного интервала времени вся цифра полностью отображается состоянием группы триггеров выходного генератора. При передаче импульсами постоянного тока для каждой цифры определенное число раз происходит «установка в 1» и «сброс в 0» одного триггера с определенными интервалами переключения и межсерийными паузами.

ПРОГРАММЫ АНАЛИЗА ЦИФР И ТРАНСЛЯЦИЙ

Все цифры номера, собранные на станции, анализируются частью записанной программы для выявления того, является ли набранная комбинация цифр действительным номером. Программа распознает цифры заголовка (префикса), коды зоны, коды станции, номера абонентов и коды особого обслуживания. С помощью программ трансляции определяется и выбирается то оборудование, которое необходимо использовать либо для установления соединения, либо для дальнейшей передачи вызова. Кроме того, эта программа производит установление соответствующих соединений в схеме. Для обработки различных видов вызовов в системе предусмотрен ряд общих операций по преобразованию информации и по выбору оборудования. Записанная программа включает следующие программы трансляций: номеров

линий; номеров групп служебных комплектов и комплектов соединительных линий; кодов зоны, кодов телефонных станций, списочных номеров абонентов, междугородных тарифов и изменений их, номеров терминалов соединительных линий, автоматического определения номера, размещения памяти, автоматической передачи вызова и повторного набора номера.

ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ КОММУТАЦИОННОЙ СХЕМОЙ И КОНТРОЛЯ ЗА СОЕДИНИТЕЛЬНЫМИ ЛИНИЯМИ

При работе системы используются шесть программ установления соединения и пять программ разрушения соединения, каждая из которых обеспечивает управление схемой последовательно шаг за шагом. Другие программы управления обрабатывают информацию о существующих соединениях в ЗУ процессов, предпринимают вторую попытку установления соединения в случае блокировки, а в период наибольшей нагрузки ставят в очередь вызовы, ожидающие обслуживания, и управляют разрушением соединений. На телефонной станции имеются следующие соединительные линии: зуммера, контрольных вызовов, линии, обслуживаемые оператором, внутристанционные, пригородной связи, обслуживаемой по городскому тарифу, и междугородные.

Для ведения наблюдения за состоянием линий вызывающего и вызываемого абонентов предусматривается набор программ, которые: реализуют функции контроля, таймирования (синхронизации) и опознавания состояния объекта; обнаруживают сигналы ответа и отбоя, осуществляют таймирование сигналов ответа (неответа) абонента, а также фиксацию начальной платы при междугородном платном разговоре; управляют кассированием монет в таксофоне и их возвратом; осуществляют таймирование непрерывного сигнала с частичным прерыванием (набором номера), таймирование отбоя, блокировки, состояния «микротелефонная трубка не повешена», вызова по коду и контроля за повторными или частыми вызовами оператора. Определенная часть программы реализует функции автоматической выписки счетов за междугородные переговоры. Данные о начислении платы за разговор заносятся на бумажную перфоленту стандартного формата; при этом для номеров, имеющих кредит, или же номеров, ведущих коллективное использо-

вание линий, вводятся небольшие изменения. Таким образом, все осуществляется без дополнительного оборудования для выписки счетов.

ГЛАВНАЯ ПРОГРАММА

Исполнительная программа, которая управляет разделением времени работы центрального процессора среди отдельных частей записанной программы, выполняет также все функции распределения времени, выбора приоритетов и составления графиков. Бóльшая часть записанной программы представляет собой совокупность периодически выполняемых программ, каждая из которых решает небольшую телефонную задачу для всех элементов определенного типа оборудования. Например, одна программа обнаруживает вызовы, поступившие по абонентским линиям, другая — собирает тональные сигналы из приемников тастатурного набора, третья — осуществляет таймирование отбоя на соединительных линиях. Всего имеется примерно 40 таких программ, причем частота их выполнения — один раз за время от 10 до 30 мс. Схема составления графика работы главной программы символически показана на рис. 9.4. Каждый промаркированный буквой прямоугольник представляет собой периодически выполняемую программу. Эти программы сгруппированы в соответствии с частотой их выполне-

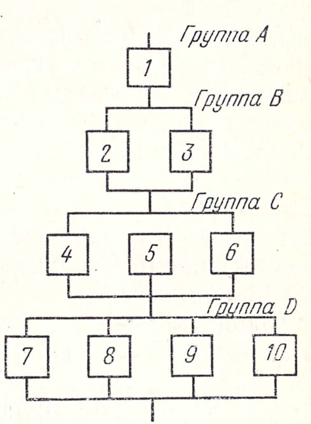


Рис. 9.4. Основная схема главной программы при УЗП (GTE Automatic Electric Labs, Inc.)

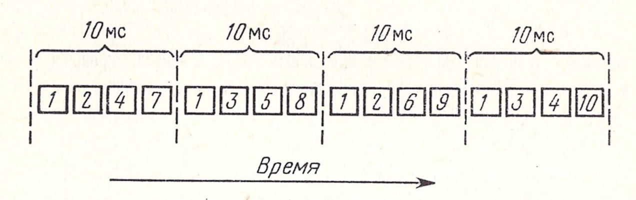


Рис. 9.5. Распределение времени выполнения программы (GTE Automatic Electric Labs, Inc.)

ния, упорядочены и им присвоен номер в соответствии с их местом в списке. Каждые 10 мс основная программа «проходит» по списку и последовательно передает управление одной программе из каждой группы. Рисунок 9.5 показывает, как это происходит во времени. Программы показаны в том порядке, в котором они выполняются; здесь же указаны десятимиллисекундные интервалы. Таким образом, программа *1* выполняется один раз каждые 10 мс, программы *2* и *3* выполняются по одному разу каждые 20 мс; программы *4*, *5* и *6* выполняются по одному разу каждые 30 мс и т. д.

ПРОГРАММЫ КОДИРОВАНИЯ И КОМПОНОВКИ

Центральный процессор выполняет инструкции, а устройства памяти хранят инструкции, заданные в двоичном коде длиной 32 бит. Однако вести программирование на языке машинных команд для больших задач слишком трудно, поэтому вначале был создан символический язык для кодирования программ. Затем для систематического перевода отдельных операторов с символического языка на двоичный машинный язык были введены специальная компилирующая программа и программа-ассемблер.

Такой машинно-ориентированный подход был использован и при проектировании описываемой станции, для которой был разработан специальный символический язык, удобный для программиста. Он позволяет ссылаться на ячейки памяти в символическом виде и обеспечивает символический эквивалент для каждой инструкции центрального процессора. Кроме того, программой предусмотрены специальные мероприятия для выполнения таких задач, как распределение множества слов ЗУ процессов по группам соединительных линий, определение начала и размера таблицы трансляций, хранящейся в ЗУ, создание табличных констант (категорий обслуживания, междугородных тарифов, списочных номеров абонентов, номеров комплектов соединительных линий, списков с повторным набором и т. д.). Программа-ассемблер была разработана для обработки символических инструкций, обращений к ЗУ и специальных операторов символического языка. Кроме того, эта программа определяла ошибки программиста при составлении программы на символическом языке, а так-

же выявляла всякого рода неясности, например неправильно записанные инструкции и символические названия, относящиеся более чем к одной ячейке памяти.

ПРОГРАММЫ ТЕСТИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ

Программы данной станции можно автономно проверить и оценить с помощью двух разных программ. Одна из этих программ моделирует функциональное поведение центрального процессора, запоминающих устройств, выходного генератора, опознавателя входов, коммутационной схемы, комплектов соединительных линий, приемников, передатчиков, служебных цепей пульта оператора, перфоратора и печатающего устройства пульта управления.

Другая программа — компилирующая — обеспечивает язык возможностью определять любую комбинацию действительных и недействительных вызовов абонентов, определять действия оператора и внутренние состояния системы (например, блокировка в коммутационной системе или образование очереди требований на какое-то оборудование). Обе эти программы были разработаны применительно к ЭВМ типа IBM 7094. Взаимосвязь этих программ с ассемблером показана на рис. 9.6.

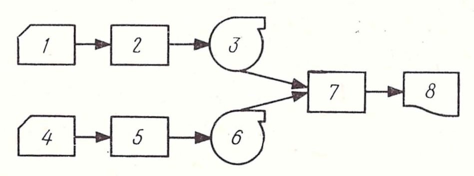


Рис. 9.6. Взаимодействие тестовых программ с ассемблером (GTE Automatic Electric Labs, Inc.):

1 — символические операторы записанной программы; *2* — программа-ассемблер; *3* — особо закодированная программа; *4* — символические операторы вызывных тестов; *5* — компилирующая программа; *6* — события поступления вызовов, развернутые последовательно во времени; *7* — моделирующая программа; *8* — обработка записей о вызовах

Программа-ассемблер преобразует символически записанную программу в особым образом закодированную форму. Компилирующая программа ставит в соответствие символически записанным контрольным вызовам определенные события (посылка вызова, отбой, импульсы набора номера и другие), происходящие в раз-

личных точках системы. Моделирующая программа выполняет закодированную записанную программу, используя в качестве исходных данных события поступления вызовов, происходящие последовательно во времени.

Для проверки работы программы управления в реальном масштабе времени специально были разработаны устройства отладки программ. Программисту были предоставлены возможности гибкого управления избирательной записью, как функцией времени или пространства, «вхождения» в детали работы записанной программы в процессе имитируемой обработки контрольных вызовов.

Логические ошибки и проблемы таймирования, не обнаруженные во время моделирования, устранялись из записанной программы с помощью символически кодируемых исправлений и повторения последовательно программ-ассемблера и моделирования. По мере того как определялась правильность обработки различных вызовов, символически кодировались новые вызовы, которые обрабатывались компилирующей и моделирующей программами. Если оказывалось, что программа работала правильно в процессе моделирования многократных вызовов, то формировалась рабочая информация ассемблера, поступающие данные помещались в ЗУ программ телефонной станции и, таким образом, завершалась подготовка к неавтономной работе системы. Применение программируемого моделирования позволило удалить из записанной программы 85% логических ошибок и решить проблемы таймирования до того, как система была реализована аппаратными и программными средствами.

ПОСТРОЕНИЕ ЗАПОМИНАЮЩИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ

С точки зрения использования на телефонных станциях с управлением по записанной программе наибольший интерес могут представить следующие три основных типа запоминающих устройств:

1) с «чтением без восстановления», в котором при опросе ячейки памяти импульсами считывания информация, хранящаяся в ней, стирается. Для осуществления записи информации в ячейку памяти требуется использовать специальный импульс записи, который подается одновременно с информацией, записанной во

входных регистрах. Такие ЗУ строятся, главным образом, на круглых ферритовых сердечниках, но в будущем, возможно, с ними будут конкурировать полупроводниковые ЗУ, использующие полевые транзисторы с МОП-структурой;

2) с «чтением и восстановлением, с механическим изменением содержимого памяти». В таких ЗУ запись, хранение и изменение информации производятся механическим способом. Чтобы считать информацию из памяти этого типа, требуется подать импульс считывания и адрес ячейки. Однако, чтобы записать информацию, специального импульса записи не требуется. Примером такого вида памяти может служить твисторная магнитная память с изменяемыми перфокартами, которая нашла применение в телефонных станциях ESS фирмы «Белл Систем»;

3) с «чтением и восстановлением, с электрическим изменением содержимого памяти». В таких ЗУ так же, как в ЗУ второго типа, при чтении требуется подача импульса считывания и адреса ячейки. Однако, в отличие от ЗУ второго типа, записанная информация может изменяться электрическим, а не механическим способом. Примерами таких ЗУ могут служить твисторная память типа Piggyback и память на цилиндрических магнитных пленках. Первый вид памяти используется во временных системах с УЗП, разработанных «Белл Систем», и в канадской телефонной станции с УЗП марки SP-1. Второй вид памяти используется в японской системе D-10.

ПАМЯТЬ С ЧТЕНИЕМ БЕЗ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

На всех телефонных станциях с УЗП, которые в настоящее время либо уже введены в эксплуатацию, либо находятся на стадии испытаний, для построения ЗУ вызовов используется тип памяти с чтением без восстановления. Ее применение обусловлено тем, что в ЗУ вызовов необходимо хранить лишь меняющуюся во времени информацию, поэтому иногда эту память называют также памятью блокнотного типа. Как уже упоминалось ранее, телефонные станции с УЗП в основном используют для этой цели ферритовые сердечники. Однако на станции № 2 ESS фирмы «Белл Систем» и в первых выпусках станции № 1 ESS для построения ЗУ вызовов использовалась память на ферритовых пластинках.

Основной элемент такой памяти — квадратная ферритовая пластинка длиной 2,54 см и толщиной ~30 мм, на которой строится решетка 16×16 отверстий диаметром 25 мм с центрами окружностей, разнесенными друг от друга на 50 мм. Материал, используемый в этой памяти, — сплавной магниево-марганцевый феррит, аналогичный тому, который использовался в тороидальных сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса, но с более высокой точкой Кюри, что позволило расширить диапазон допустимых температур. При подаче совпадающих по току импульсов порядка 250 мА каждое отверстие ведет себя как сердечник памяти с прямоугольной петлей гистерезиса, магнитное поле которого расположено по кольцу, охватывающему отверстие. Таким образом, ферритовая пластинка ничем не отличается от тех видов памяти, которые используют отдельные ферритовые сердечники — кольца. К каждой форритовой пластинке подводят четыре электрических проводника. Один из них служит для связи всех отверстий на пластинке, а три других комбинируются между собой таким образом, чтобы реализовать стандартную схему обращения к памяти на принципе совпадающих токов, который более подробно будет объяснен позже.

ПАМЯТЬ НА СЕРДЕЧНИКАХ

Работу магнитного элемента памяти лучше всего можно описать, используя его характеристику — петлю гистерезиса, которая устанавливает соответствие между приложенным магнитным полем и состоянием намагниченности сердечника. Из типовой петли гистерезиса, приведенной на рис. 9.7, видно, что в отсутствие ранее приложенного магнитного поля намагничивание сердечника может иметь место в двух устойчивых состояниях (на рисунке *a* и *b*). Оба эти состояния можно использовать для хранения информации в виде логической 1 или 0. Чтобы построить элемент памяти на сердечнике, необходимо пропустить через него два или более проводника.

Для считывания информации с сердечника к последнему следует приложить полный ток считывания I_3, который вполне достаточен, чтобы переключить сердечник и перевести его в состояние *a*. Если сердечник переходит в состояние 1 до подачи тока считывания, то происходят большие изменения потока, в результате чего в

проводах, овивающих сердечник, наводится ЭДС. Напряжение, создаваемое ЭДС, усиливается и используется для включения триггера информационного регистра. Если сердечник переходит в состояние 0, то магнитный поток изменяется незначительно, что приводит к малым значениям индуцированной ЭДС, которая не поступает на усилитель считывания, поскольку срезается его пороговым каскадом. В этом случае считывается нуль.

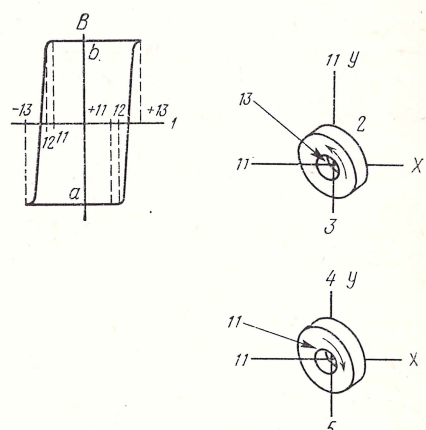


Рис. 9.7. Принцип работы памяти на магнитных сердечниках с прямоугольной петлей гистерезиса:

1 — приложенное магнитное поле (ток); *2* — логическая «1»; *3* — направление магнитного потока в сердечнике; *4* — логический «0»; *5* — изменение магнитного потока в сердечнике

Свойство прямоугольной петли гистерезиса, которым обладает сердечник, может быть использовано для осуществления выбора адреса точно так же, как и в памяти. Если в сердечник подается ток частичной выборки I_1, который оказывается меньше порогового значения I_2, то переключения сердечника не происходит. Если же подается двойной по величине ток, то сердечник может переключиться. Используя расположение проводов, показанное на рис. 9.7, и подавая ток I_1 и по проводу x и по проводу y, можно достичь суммирования этих токов в точках пересечения проводов до величины полного тока I_3, в результате чего произойдет переключение только одного этого сердечника. Таким образом, достигается двумерная выборка сердечника. Индуцированная ЭДС на проводе считывания (см. рис. 8.9) будет сохранять 1 или 0.

Информация об адресе, которая хранится в адресном регистре, поступает в ЗУ и используется для включения одного из селекторных переключателей в каждой из четырех групп: положительной x, отрицательной x,

положительной *у*, отрицательной *у*. Каждый из этих переключателей дублируется соответственно для считывания и записи, так как при считывании требуется прохождение тока по проводам *х* и *у* в одном направлении, а при записи — в другом направлении. После каждой операции считывания все сердечники в выбранном слове переходят в состояние 0. Во время фазы записи в цикле обращения к памяти для каждого бита, в котором требуется запомнить нуль, в ферритовых запоминающих устройствах включается так называемый формирователь тока запрета. Это приводит к возникновению тока полувыборки, направленного встречно токам *х* и *у*. В каждом бите, в котором ток не подан, токи *х* и *у* складываются так, что выбранный сердечник остается в состоянии 1.

Все проведенные нами рассмотрения приводят к способу выборки 3D (*х, у* и провод считывания), впервые описанному в 1951 г. Через несколько лет была разработана система выборки слова 2D, в которой функции выборки были вынесены из матрицы памяти и переданы периферийной логической схеме запуска. Это привело к увеличению скорости и одновременно к росту затрат на значительно возросшее число схемных компонентов цепей включения. В середине пятидесятых годов была разработана компромиссная система, называемая $2^1/_2$ D, в которой провод выборки сердечника *у* исключался из запоминающего устройства и объединялся с проводом запрета-считывания.

В таких системах в каждом сердечнике используют по три провода в тех случаях, когда требуется высокое быстродействие, и по два провода в тех случаях, когда желательно получить большую емкость при малых затратах. Любой из данных вариантов является привлекательным с точки зрения построения быстродействующей памяти по целому ряду причин: снижаются затраты за счет исключения четвертого провода; открывается возможность использования проводов с несколько большим диаметром и более низким сопротивлением; уменьшается число выводов; уменьшается число сердечников на каждый провод, в результате чего снижается управляющее напряжение и становится возможным применение дешевых транзисторов. Кроме того, теперь становится возможным организовать более короткие циклы обращения к памяти, поскольку не требуется время для вос-

становления цифры в освобождающемся при считывании сердечнике.

Эти причины обусловили популярность построения ЗУ на магнитных сердечниках по системе $2^1/_2$ D. Именно поэтому она нашла применение на телефонной станции с УЗП типа № 1 ЕАХ, разработанной Компанией автоматики и электричества (Automatic Electric). Дальнейшее совершенствование системы 2D было проведено в Лабораториях фирмы Белла (Bell Laboratories), которая использовала ее при разработке нового варианта системы № 1 ESS, где для построения ЗУ вызовов вместо ферритовых пластин использовались ферритовые сердечники.

ПАМЯТЬ НА ПОЛУПРОВОДНИКАХ

До изобретения технологии LSI с высокой степенью интеграции даже не приходилось рассматривать вопрос о замене магнитной памяти на ферритовых кольцах на память, построенную на полупроводниковых элементах, в силу слишком высокой стоимости последней. Однако можно считать, что в будущем полупроводниковые ЗУ будут играть значительно бо́льшую роль, поскольку они обеспечивают значительно бо́льшую, чем магнитные ЗУ, скорость работы, практически не имеют ограничений по размеру и допускают возможность введения логики внутрь памяти. Недостатком этих ЗУ является более высокая мощность рассеивания. Используя вспомогательные ЗУ, выполненные на магнитных дисках или на магнитном барабане, можно избежать потери информации из памяти в случае выхода из строя источника питания.

Хотя при конструировании полупроводниковых ЗУ в распоряжении разработчика интегральных схем имеется целый ряд методов построения полупроводниковых приборов, тем не менее наибольшее внимание уделяется полевым транзисторам с МОП-структурой с каналами двух типов проводимости: типа *p* (канал проводимости типа *p*, металл—окисел) и типа *n* (канал проводимости типа *n*, металл—окисел).

Следует иметь в виду, что полупроводниковая память, в принципе, аналогична памяти на триггерах. Схема одного бита памяти на МОП-транзисторе с каналом проводимости типа *p* в режиме усиления показана на рис. 9.8. Из рис. 9.9 становится ясным назначение по-

левого МОП-транзистора с каналом проводимости типа *p*.

В задачу данной книги не входит подробное описание процесса изготовления интегральных запоминающих устройств (LSI) и построения соответствующих эквивалентных схем. Однако следует сказать, что в ряде слу-

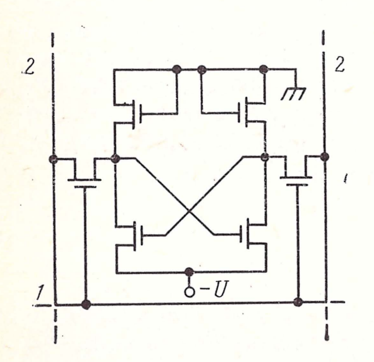


Рис. 9.8. Схема бита памяти на МОП-транзисторах с каналом проводимости типа *p*:

1 — провод записи; *2* — провод считывания информации

чаев производство интегральных схем на кремниевых элементах с каналом проводимости типа *p* во многом аналогично производству полупроводниковых приборов

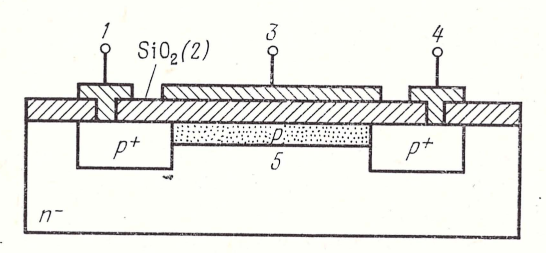


Рис. 9.9. Разрез полевого транзистора с МОП-структурой с каналом проводимости типа *p*:

1 — исток; *2* — диэлектрик; *3* — управление; *4* — сток; *5* — индуцированный канал проводимости типа *p*

с каналом проводимости типа *n*. Обычно для приборов типа *n*, показанных на рис. 9.10, начальной подложкой является легированный бором кремний с каналом проводимости типа *n*. Процесс изготовления начинается с подложек типа *p*, которые термически окисляются до толщины около 1 мкм, затем отдельные части окисного покрытия удаляются и определяется местоположение

зон управления затвора и диффузии (это выполняется на первых пяти этапах работы с фотомасками). Затем напыляются диэлектрик зоны управления и поликристаллический кремний. После этого путем фотомаскирования вытравливаются площадки, определяющие зоны управления транзистора и кремниевое пространственное пересечение. Затем производится операция диффузии,

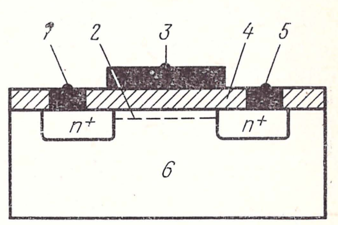


Рис. 9.10. Разрез полевого транзистора с МОП-структурой с каналом проводимости типа *n*:

1 — исток; *2* — индуцированный канал проводимости типа *n*; *3* — управление; *4* — окись кремния; *5* — сток; *6* — кремниевая пластина с проводимостью типа *p*

при которой примеси типа *n* образуют в канальном транзисторе зоны истока и стока, а также диффундированное пространственное пересечение.

Оказывается, что в настоящее время ЗУ на МОП-транзисторах с каналом проводимости типа *n* являются наиболее перспективными для замены магнитных ЗУ на сердечниках. По сравнению с ЗУ на МОП-транзисторах типа *p* они работают в 2—3 раза быстрее, имеют более высокую плотность упаковки информации (от 4000 до 8000 бит на кристалл), более низкое пороговое напряжение (от 2 до 5 В) и являются менее дорогими (100 бит на 1 цент). Такое соотношение скоростей работы ЗУ объясняется тем, что отрицательные (*n*) носители более подвижны, чем положительные (*p*). Вследствие уменьшения паразитной проводимости, расстояния между элементами памяти, ширины линии и контактных отверстий элементы памяти получаются меньших размеров и могут быть более плотно упакованы. Обычно ширина МОП-транзисторов типа *n* составляет 0,2 мм, и такую же величину имеет расстояние между ними, а ширина транзисторов типа *p* — 0,6 мм.

ПАМЯТЬ С ЧТЕНИЕМ И ВОССТАНОВЛЕНИЕМ

В течение первого десятилетия разработок станций с УЗП предполагали, что ЗУ программ должно быть полупостоянным или так называемого фиксированного ти-

па. Вначале для этого использовались механически изменяемые ЗУ. Хорошо известным примером памяти такого типа является магнитная твисторная память, используемая в ЗУ программ телефонных станций № 1 ESS, № 2 ESS и № 101 ESS, разработанных фирмой «Белл Систем». Может быть это и не совсем правильно сказано, что эта память является механически изменяемой. Однако программные карты действительно необходимо физически удалять из памяти, а затем уже вносить в них изменения магнитным способом, чтобы изменить программу.

Твистор. Твистор[1] получил свое название вследствие такого явления: проводник с током в магнитном поле стремится повернуться, причем угол и направление поворота зависят от величины магнитного поля. Обычный твисторный элемент изготавливается в виде тонкой магнитной ленты, намотанной на сердечник из медного провода (рис. 9.11). Бóльшая часть твисторных ЗУ строится

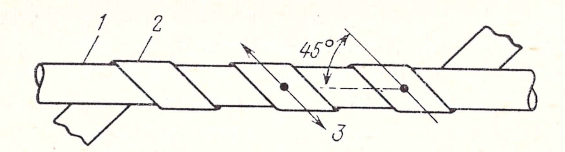


Рис. 9.11. Базовый твисторный элемент (GTE Automatic Electric Labs., Inc.):

1 — медный сердечник диаметром 0,03 дюйма (0,0762 мм); *2* — пермаллоевая лента толщиной от 0,003 дюйма (0,0762 мм) до 0,0003 дюйма (0,00762 мм); *3* — преобладающее направление намагничивания

из небольших по длине твисторов, окруженных проволочным соленоидом. Обмотка соленоида расположена под прямым углом к сердечнику твистора, как показано на рис. 9.12. Перемагничивание ленты осуществляется током, протекающим по проводу твисторного сердечника, а также током, протекающим в соленоиде, или комбинацией обоих токов. Однако в проекте станции ESS, разработанной в Лабораториях Белла, твистор переключался при отсутствии магнитного поля, создаваемого небольшими викаллоевыми магнитами, нанесенными на программные карты, которые помещались в непосредственной близости от твисторных ячеек. Магнитный поток

[1] От английского слова «twist» — поворачиваться, изгибаться. (*Примеч. перевод.*)

в ленте из пермаллоя замыкался спирально вокруг твисторного провода и охватывал провод и медную ленту, в результате чего в каждой точке пересечения образовывалась твисторная ячейка.

Так как путь магнитного потока проходил через воздушное пространство, то твисторная ячейка оказывалась чувствительной к соседним магнитным полям. Если викаллоевый магнит на программной карте имел сильное магнитное поле, то он мог оказать влияние на работу твисторной ячейки. Если твисторная ячейка оказывалась ненамагниченной, то поле, образуемое импульсами тока, протекающего в медной ленте, изменяло состояние намагниченности и вызывало переключение твисторной ячейки. В этом случае импульс напряжения, возникающий в твисторном проводе, считывался как двоичная 1. Если же твисторная ячейка оказывалась намагниченной за счет небольшого викаллоевого магнита, то его внешнее поле насыщало в точке пересечения пермаллоевую ленту, и импульс в медной ленте уже не мог изменить состояние намагниченности твисторной ячейки. Напряжение, возникающее в твисторном проводе, считывалось как двоичный 0.

Рис. 9.12. Метод использования твисторной памяти (GTE Automatic Electric Labs., Inc.):

1 — твистор; 2 — соленоид; 3 — разряд; 4 — запись «единицы» путем подачи полутоков записи в соленоид и в разрядную линию; 5 — ток в соленоиде; 6 — разрядный ток; 7 — считывание подачей тока считывания в соленоид, причем направление тока противоположно направлению тока записи; 8 — запись «нуля» подачей полутока только в соленоид

Произвольная выборка любого слова твисторной памяти достигалась за счет соединения каждой медной ленты с ферритовым сердечником матрицы, состоящей

из смещенных переключательных ячеек. Эти переключательные ячейки работали подобно тому, как работали сердечники в магнитной памяти с совпадением токов. Две группы обмоток обращения к памяти (одна проходила перпендикулярно плоскости матрицы, а другая — параллельно ей) соединяли переключательные элементы с входными каналами памяти. Сердечник, выбранный двумя обмотками, в которые было подано питание, действовал как трансформатор тока и формировал импульсы тока в медной ленте.

В твисторе с постоянным магнитом информация запоминается в крошечных викаллоевых постоянных магнитах, о которых уже упоминалось. Они укрепляются на аллюминиевых программных картах. Чтобы изменить содержимое ячейки памяти, необходимо вынуть соответствующую программную карту и изменить намагниченность этих крошечных магнитов с помощью записывающих головок в специальном устройстве записи. Затем карта вновь ставится на свое место. Эта процедура обладает тем недостатком, что она является продолжительной (медленной) и должна выполняться в строгом соответствии с требованиями расположения магнитов и соответствующих им твисторных проводов.

Твистор типа Piggyback. В модификации основной конструкции твистора магнитная лента для хранения информации (лента памяти) наматывается поверх ленты считывания так, как показано на рис. 9.13. Поэтому

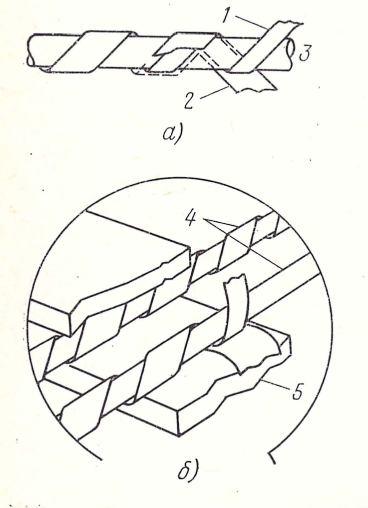


Рис. 9.13. Базовый элемент твисторной памяти типа Piggyback: *а* — базовый элемент; *б* — соединение твисторных проводов со словными шинами:

1 — лента считывания; *2* — лента хранения информации; *3* — медный провод; *4* — провода РВТ; *5* — словная шина

для описания именно этого типа твисторов используется название Piggyback (PBT). Пара проводов PBT помещается между проводниками так называемой словной шины. Операция записи осуществляется путем подачи тока словной шины в то время, когда импульсы тока, соответствующие битам информации, циркулируют по петлям, образованным парами PBT. Направление циркуляции импульсов тока, соответствующих каждому биту информации, определяет то двоичное состояние, которое соответствует разряду выбранного слова. Направленные по часовой стрелке импульсы токов, соответствующих битам информации, «записывают» двоичные единицы, а направленные против часовой стрелки, «записывают» двоичные нули. Импульсы токов, соответствующих битам информации, поступают из генераторов токов записи, подсоединенных к концам каждой петли PBT, а токи обращения к словной шине подаются из матрицы обращения.

При выполнении операции чтения биты двоичной информации, записанные в ячейке памяти, используются для образования сигналов в схемах выдачи, подключенных к концам каждой пары PBT. Операция чтения состоит в подаче тока, величина которого, по крайней мере, равна половине тока записи в требуемой словной шине. Магнитное поле, создаваемое этим током, превосходит по величине статическое поле, создаваемое магнитами лент памяти, и заставляет измениться состояние намагниченности одного из двух сегментов считывания бита. Однако состояние намагниченности изменит только один из элементов считывания, поскольку второй элемент считывания будет расположен вдоль магнитного поля считывания. Это происходит потому, что лента считывания оказывается расположенной вдоль магнитных силовых линий, исходящих из сегмента памяти, о котором мы говорили выше. Через очень короткое время (примерно одна миллионная секунды), которое требуется для изменения намагниченности сегмента, возникает напряжение на концах пары PBT. Полярность этого напряжения зависит от того, какой из двух сегментов считывания изменит состояние намагниченности, т. е. от той информации, которая была записана во время предыдущей операции записи. Когда поле считывания исчезнет, статические поля магнитов памяти возвратят элементы считывания в исходное состояние, и цикл обращения к памяти закончится. Прилагаемое при счи-

тывании магнитное поле достаточно сильное, оно превосходит статическое поле магнита памяти, но в то же время оно недостаточно велико для того, чтобы изменить состояние намагниченности самого магнита. Это свойство памяти — чтение с восстановлением — делает необязательным перезапись исходной информации после ее считывания. Кроме того, программа может изменяться электрическим способом, поэтому отпадает необходимость в замене программных карт. Изменения в программу могут быть внесены с помощью телетайпа, снабженного соответствующим оборудованием для подключения к памяти.

Память на цилиндрических магнитных пленках. Полупостоянная память на цилиндрических магнитных пленках, называемая сокращенно PSM, является другим видом памяти, содержимое ячеек которой может изменяться электрическим способом. При построении PSM в качестве магнитного материала используется тонкая ферромагнитная пленка, легко намагничивающаяся по огибающей бериллиево-медного проводника диаметром 0,1 мм, который она покрывает. Эта пленка сама по се-

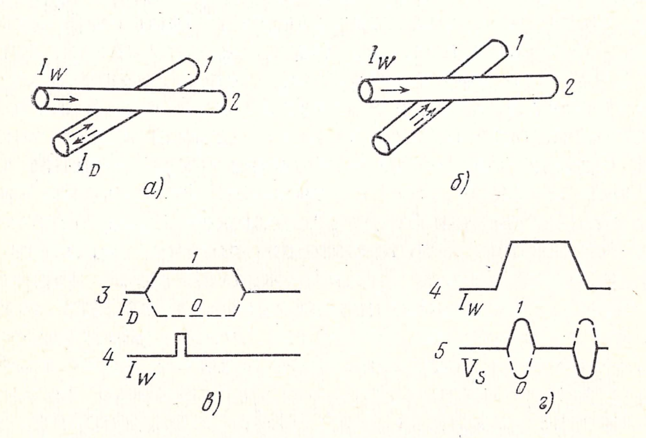


Рис. 9.14. Принцип действия памяти на цилиндрических магнитных пленках:

а — состояние намагниченности после записи; *б* — то же, во время считывания; *в* — запись; *г* — считывание;

1 — проводник с цилиндрической магнитной пленкой; *2* — словная шина; *3* — ток, соответствующий содержимому разряда; *4* — ток слова (I_W); *5* — напряжение считывания

бе состоит из трех слоев пермаллоя, толщиной каждый 2500 Å и двух слоев кобальта с никелем, толщиной каждый по 600 Å; все пять слоев наносятся на проводник электролитическим способом.

Провод с покрытием из магнитного материала располагается перпендикулярно словной шине. Точки пересечения шин и проводов образуют матрицу. Одна такая точка пересечения показана на рис. 9.14. На рисунке показано, как с помощью тока соответствующего разря-

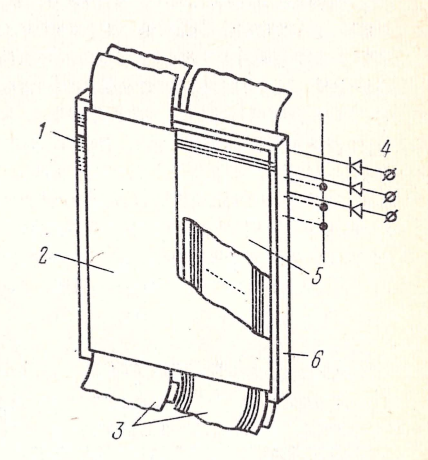


Рис. 9.15. Устройство памяти на цилиндрических магнитных пленках:

1 — словная шина (5 витков); *2* — медная фольга; *3* — провода с магнитным покрытием; *4* — диодная матрица; *5* — пермаллоевая фольга; *6* — алюминиевая пластина

да и тока слова реализуется операция записи. Операция считывания осуществляется путем подачи тока слова, который создает магнитный поток и вызывает изменение направления намагничивания магнитного цилиндра проводника так, что магнитный поток не замыкается теперь по окружности цилиндра, а направлен вдоль него. При изменении направления намагничивания в проводнике с магнитным покрытием индуцируется ЭДС, полярность которой зависит от того, какая информация была записана — 1 или 0.

На рис. 9.15 показано устройство памяти, построенное на цилиндрических магнитных пленках.

10 Типовые станции с УЗП и новые виды обслуживания

Несмотря на то что фирма «Белл Систем» проводила исследования по построению электронных систем коммутации начиная с 1945 г. и, кроме того, уже в начале пятидесятых годов применила запоминающие устройства на магнитных барабанах в системе общего управления экспериментальной телефонной станции, тем не менее до 1960 г. станции с управлением по записанной программе еще не прошли даже опытной эксплуатации. Лишь в 1960 г. в г. Моррис (штат Иллинойс) была введена в эксплуатацию электронная телефонная станция на 600 номеров, построенная с соблюдением всех основных принципов управления по записанной программе. Как видно из рис. 10.1, все основные блоки этой

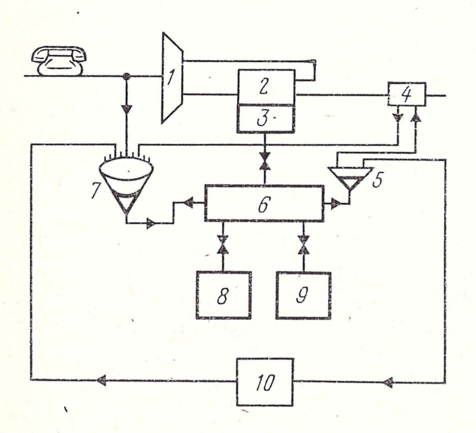


Рис. 10.1. Структурная схема электронной станции с УЗП, установленной в г. Моррисе:

1 — концентратор; *2* — коммутационная схема; *3* — маркер; *4* — комплект соединительной линии; *5* — распределитель сигналов; *6* — центральное управляющее устройство; *7* — сканнер; *8* — временная память; *9* — полупостоянная память; *10* — административный центр

системы почти ничем не отличаются от основных блоков современных телефонных станций с УЗП. Однако отличие все же есть, и состоит оно в различии тех компонентов, которые использовались при их построении. На этой станции в качестве точек коммутации при образовании разговорного тракта использовались газонаполненные лампы; временна́я память вызовов строилась на потенциалоскопах с барьерной сеткой; полупостоян-

ная память (ЗУ программ) реализовывалась запоминающими устройствами с бегущим лучом. После проведения опытных испытаний этой станции и дальнейших исследований в области ее структуры лишь основные идеи управления по записанной программе не претерпели изменений.

В ходе разработки системы № 1 ESS фирма «Белл Систем» заменила газонаполненные лампы одним из видов язычковых реле, названных ферридами, которые использовались в качестве точки коммутации в схеме коммутации разговорных цепей. Произошли изменения и в устройствах памяти: ферритовые платы заменили потенциалоскопы с барьерной сеткой в ЗУ вызовов, твисторы заменили в ЗУ программ запоминающие устройства с бегущим лучом. Кроме того, претерпела изменения организация программ и всей системы станции г. Морриса. Переход от газонаполненных ламп, используемых в качестве точек коммутации, к другим элементам был связан, главным образом, с невозможностью передавать с их помощью мощные сигналы вызывного тока частотой 20 Гц, а также пропускать постоянный ток, поступающий с абонентской линии. В качестве возможной замены газонаполненных ламп рассматривалась реализация точек коммутации на твердотельных элементах — *p-n-p-n*-диодах, однако они имели те же недостатки в отношении вызывных сигналов и постоянного тока, протекающего по абонентским линиям, которые были присущи газонаполненным лампам. Решением указанных проблем при выборе реализации точки коммутации явилось использование язычковых реле, с помощью которых строился разговорный тракт. Хотя следует заметить, что они обладали меньшим быстродействием, чем ранее рассмотренные элементы.

При выборе реализации ЗУ вызовов отказ от использования потенциалоскопов с барьерной сеткой и предпочтение, отданное ферритовым платам, было обусловлено тем, что ЗУ на ферритовых платах позволяло запоминать слова большей длины, было более выгодным с экономической точки зрения и обладало большей потенциальной надежностью. Выбор твисторной памяти в программном ЗУ был связан с тем, что твисторная память не ставила проблем горячего катода и высокого напряжения, которые были характерны для ЗУ с бегущим лучом. При этом она позволяла хранить такой же объем информации, что и раньше (шесть миллионов

бит), и имела большую надежность за счет использования электронных твердотельных элементов. Что касается других частей системы, то произошли изменения в устройствах сканирования абонентских линий, в которых теперь использовались уникальные трансформаторы на насыщенных ферритовых сердечниках (ферродах), в которых две обмотки в форме соленоида наматывались на прямоугольный ферритовый стержень и подключались к каждому проводу абонентской линии так, что позволяли определять состояние, когда абонент снимал микротелефонную трубку. Начиная с первых вариантов системы № 1 ESS ферриды и ферроды постоянно использовались во всех последующих станциях этой системы, однако реализация устройств памяти менялась, о чем уже было написано в гл. 9.

СИСТЕМА КОММУТАЦИИ № 1 ESS

Для экономичной реализации системы управления и трансляций было решено при выборе размеров коммутационных блоков и коммутационных матриц исходить из двоичного характера языка управления системы ESS. Возможные структурные параметры коммутаторов были следующие: 4×4, 8×8, 16×16 и т. д. Однако предпочтение было отдано коммутаторам со структурными параметрами 8×8 в связи с наилучшей с экономической точки зрения реализацией их на ферридах.

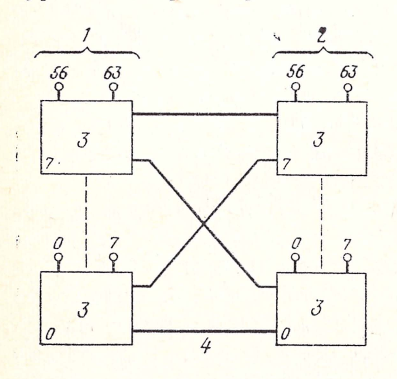


Рис. 10.2. Блочная коммутационная схема системы № 1 ESS, реализованная на ферридовых матрицах (Bell System Technical Journal):

1 — входы; *2* — выходы; *3* — коммутатор на ферридовой матрице 8×8; *4* — промежуточная соединительная линия

Эти коммутаторы объединялись в блоки, в каждом из которых было 16 коммутаторов 8×8. Схема соединения коммутаторов внутри блока показана на рис. 10.2. Такая конфигурация блока обеспечивает возможность

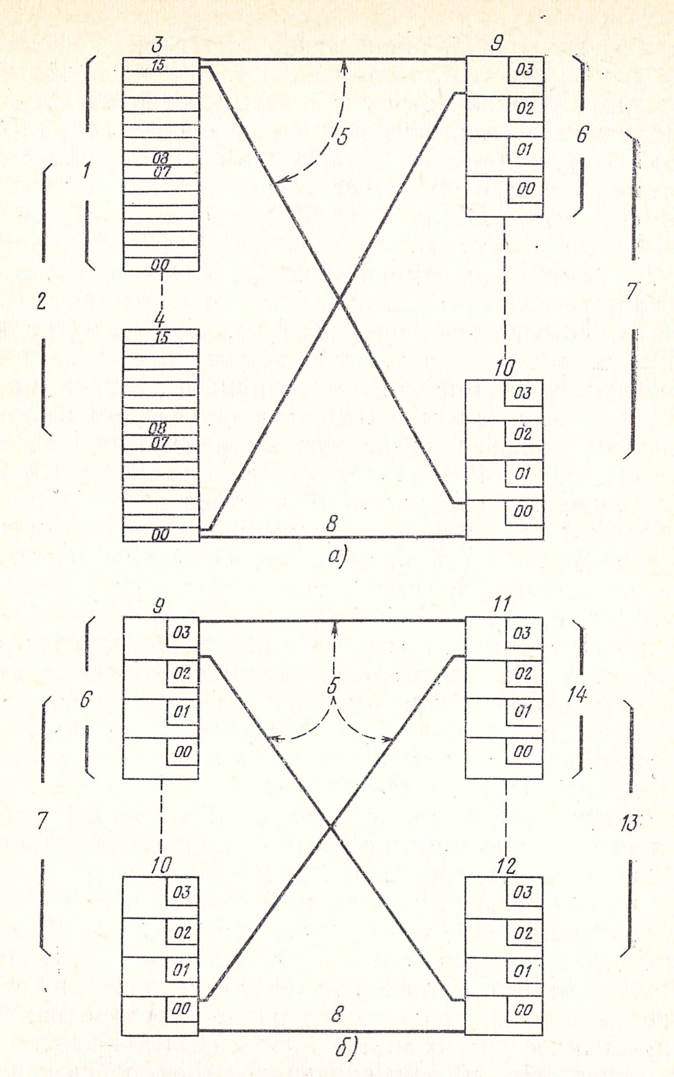


Рис. 10.3. Коммутационные схемы ступеней искания абонентских (*а*) и соединительных (*б*) линий:

1 — 16 концентраторов, 1024 абонентские линии; *2* — четыре коммутационных блока абонентских линий (БАЛ), 4096 абонентских линий; *3* — БАЛ-3; *4* — БАЛ-0; *5* — двухпроводные линии; *6* — 256 шнуровых комплектов, четыре блока; *7* — четыре коммутационных блока шнуровых комплектов (БШК); *8* — 1024 промежуточные соединительные линии; *9* — БШК-3; *10* — БШК-0; *11* — БСЛ-3; *12* — БСЛ-0; *13* — четыре коммутационных блока соединительных линий (БСЛ), 1024 соединительные линии; *14* — 256 соединительных линий, четыре блока

подключения любой абонентской линии к одному из 1024 шнуровых (соединительных) комплектов. На базе указанных блоков строятся четырехзвенные ступени коммутации абонентских и соединительных линий (рис. 10.3). Таким образом, полная коммутационная схема системы № 1 ESS включает восемь звеньев. Структура данной коммутационной схемы и соответствующие параметры ее коммутаторов явились известным компромиссом между экономией в числе точек коммутации, сложностью системы и максимальным ее размером. Например, коммутационная схема на коммутаторах 4×4 имела бы меньшее число точек коммутации, однако для получения требуемой емкости станции и обеспечения соответствующей нормы блокировок необходимо было бы включить большее число звеньев коммутации. Таким образом, экономия в точках коммутации компенсируется усложнением управления и монтажа системы.

Система № 1 ESS как станция большой емкости имеет широкую область применения, ее можно использовать на любой сети вплоть до максимальной емкости в 64 000 абонентских и 16 000 соединительных линий. Причем любая станция может быть построена на базе рассмотренных типовых блоков. Блоки соединяются между собой через шнуровые соединительные комплекты, при этом обеспечивается возможность установления соединения для трех типов поступающих вызовов — внутристанционных, межстанционных и транзитных. Особенность схемы станции № 1 ESS состоит в том, что при обслуживании внутристанционных вызовов соединения проходят через шнуровые комплекты внутристанционной связи, минуя ступень коммутации соединительных линий. Из схемы шнурового (соединительного) комплекта подается питание в аппараты абонентов, между которыми установлено внутристанционное соединение, ведется контроль за состоянием соединения. При обслуживании других типов вызовов питание телефонных аппаратов и сигнализацию отбоя обеспечивают схемы комплектов соединительных линий. Нагрузка, поступающая по абонентским линиям, концентрируется на первых двух звеньях ступени абонентского искания. На типовой станции № 1 ESS 64 абонентские линии имеют доступ лишь к 16 промежуточным соединительным линиям, ведущим к второму звену коммутации. Такое двузвенное построение с коэффициентом концентрации 4 : 1 является весьма экономичным с точки зрения рас-

хода оборудования, поскольку требует лишь шести точек коммутации в пересчете на одну абонентскую линию. Кроме того, по нагрузочным характеристикам эта схема равноценна или даже превосходит другие схемы с коэффициентом концентрации 4:1, которые обычно требуют по десяти точек коммутации на одну линию.

Бо́льшая часть элементов системы управления по записанной программе типа № 1 ESS уже была описана нами, поэтому здесь достаточно сказать, что работа системы строится на тех же общих принципах, которые были освещены в гл. 9 при описании станций с УЗП. Центральный процессор станции включает 13 000 логических схем, 60 000 полупроводниковых элементов, работает совместно с базовыми ЗУ вызовов, объем которых достигает 190 608 слов, и с базовыми ЗУ программ, объем которых достигает 131 000 слов. При необходимости на станциях большой емкости можно увеличить объем ЗУ обоих типов. Предполагаемый объем данных, которые необходимо хранить в ЗУ программ, лежит в диапазоне от 1 до 14 миллионов бит и определяется емкостью станции. В настоящее время в эксплуатации находится около пяти типов станций № 1 ESS. Четыре типа станций обеспечивают двухпроводную коммутацию и различаются по емкости как большие, средние и используемые в системах Центрекс. Один тип станций обеспечивает четырехпроводную коммутацию и используется в военных системах «Автофон» («Autovon»). Четыре типа станций с двухпроводной коммутацией делятся на: станции с центральным управляющим устройством (CC) и сигнальным процессором (SP); станции CC Центрекс и SP Центрекс. Центральное устройство управления на станциях № 1 ESS такое же, как в первоначальном варианте. Способ организации управления с использованием сигнального процессора предполагает введение дополнительного оборудования управления для выполнения повторяющихся операций сканирования и сбора информации о наборе номера, что в конечном итоге позволяет увеличить объем обслуживаемой на станции нагрузки. Первый вариант станции с сигнальным процессором был впервые введен в эксплуатацию в Нью-Йорк Сити в 1968 г. С тех пор большинство станций ESS, которые вводились в эксплуатацию в крупных городах, были оборудованы сигнальными процессорами.

Как видно из рис. 10.4, сигнальный процессор — это внутренняя часть управления станции. Подобно центральному процессору он принимает и обрабатывает информацию, поступающую из ЗУ данных. Однако по объему он на 1/3 меньше центрального процессора и

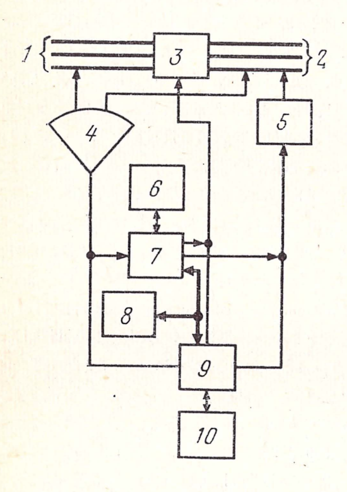


Рис. 10.4 Схема подключения сигнального процессора к системе № 1 ESS (Bell Laboratories Record):

1 — абонентские линии; *2* — соединительные линии; *3* — коммутационная схема; *4* — сканнер; *5* — распределитель; *6* — ЗУ вызовов сигнального процессора; *7* — сигнальный процессор; *8* — ЗУ вызовов центрального процессора; *9* — центральный процессор; *10* — ЗУ программ

для выполнения своих сравнительно простых задач производит обработку информации, хранящейся только в его собственном ЗУ вызовов. Задачи, выполняемые центральным процессором, состоят в опросе периферийных блоков системы с целью определения моментов поступления сигналов, например, таких, как импульсы набора номера, требования специального обслуживания, частотные сигналы набора номера с кнопочного номеронабирателя или символы с телетайпа. Сигнальный же процессор управляет записью этих сигналов в буферные устройства, называемые карманами (бункерами), откуда они затем извлекаются и обрабатываются центральным управляющим устройством. Кроме того, сигнальный процессор принимает информацию из центрального устройства управления, которая поступает сначала в буферные устройства, а уже с выходов этих устройств в сигнальный процессор. Сигнальный процессор реагирует на эту информацию при: изменении порядка выбора путей в коммутационной схеме и выбора комплектов соединительных линий или служебных комплектов; записи информации на магнитную ленту АМА при автоматическом учете длительности переговоров;

передаче многочастотных сигналов на удаленные станции. Этим сигнальный процессор освобождает центральный процессор от рутинной работы и позволяет ему выполнять более сложные работы.

Служба Центрекс, которая предполагает концентрацию большей части оборудования на центральной станции, нашла в основном применение на учрежденческих автоматических телефонных станциях. Однако в 1968 г. предложили использовать ее на станциях системы № 1 ESS. Одна из самых крупных станций со службой Центрекс установлена в здании Пентагона в Вашингтоне, DC. На станции осуществляется коммутация 17 000 линий, причем ее оборудование включает 74 пульта.

СИСТЕМА КОММУТАЦИИ № 2 ESS

Основная цель, которая была поставлена при разработке станции № 2 ESS (рис. 10.5), состояла в построении такой системы коммутации с управлением по записанной программе, которая была бы экономически эффективна в диапазоне изменения емкости станции 1000—10 000 абонентских линий. В основном проект станции разрабатывался на основе станций № 1 ESS и № 101 ESS. Коммутационная схема строилась на ферритовых матрицах такого же типа, который нашел применение на станции № 1 ESS; периферийное оборудование также аналогично оборудованию этой станции. Оборудование пультов станции № 2 ESS в значительной степени аналогично оборудованию станции № 101 ESS.

СТАТИВ ПРОЦЕССОРА

Размер статива процессора 2,13×1,22 м (7×4 фута); на нем размещаются оборудование программного устройства управления (логические схемы обработки и трансляции), полуавтономная секция оборудования ввода—вывода, устройства хранения информации (ЗУ вызовов на 16 384 слова по 16 бит каждое) и оборудование центрального распределителя сигналов на 16 двухполюсных точек. ЗУ вызовов строится блоками по 4096 слов каждый, в то время как центральный распределитель может быть организован по-разному в зависимости от требований и наращивается модулями по восемь точек каждый. Быстродействующие транзистор-

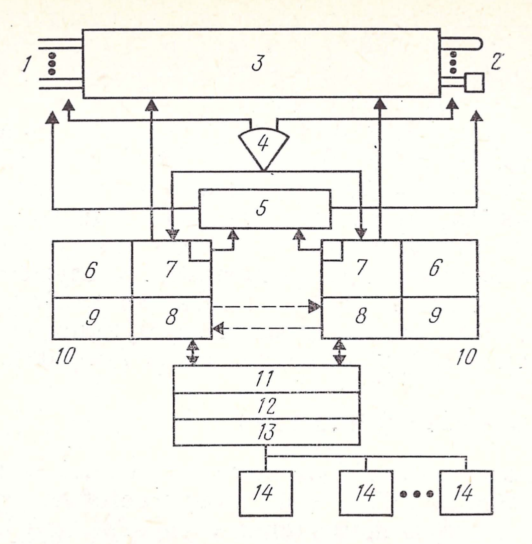


Рис. 10.5. Структурная схема станции системы № 2 ESS (технический журнал фирмы «Белл Систем» — «Bell System Technical Journal»):

1 — абонентские линии, соединительные линии, служебные цепи; *2* — шнуровые комплекты; *3* — коммутационная схема на 30 000 линий; *4* — сканнер; *5* — центральный распределитель импульсных сигналов; *6* — ЗУ программ и трансляций; *7* — устройство ввода — вывода; *8* — программное управляющее устройство; *9* — ЗУ вызовов; *10* — центральное управляющее устройство; *11* — аварийная сигнализация; *12* — центр обслуживания; *13* — устройство записи на отдельных перфокартах; *14* — телетайп

но-резисторные логические микросхемы, использующие кремниевые элементы с термокомпрессионной сваркой, выполненной лучом, и тонкопленочные резисторы на керамической основе применяются для построения всех логических схем, размещенных на этом стативе.

Статив ЗУ основных программ и трансляций содержит четыре модуля памяти на твисторах с постоянным магнитом и общей емкостью 65 536 слов по 22 бита каждый. В дополнение к этому основному стативу допускается включение еще некоторого числа таких же стативов, что позволяет наращивать память блоками по 16 384 слова до максимального объема памяти в 262 144 слова. Формат инструкций, которые хранятся в ЗУ программ, включающем два типа ЗУ, остается таким же, как в системе № 1 ESS. Различие типов ЗУ, используе-

мых в ЗУ программ, состоит в следующем. В ЗУ первого типа хранятся 22-битовые слова, каждое из которых включает 5 бит кода операции, 16 бит адреса плюс один проверочный бит. В ЗУ второго типа содержатся две полные 10-битовые инструкции, каждая из которых включает 5 бит адреса и 5 бит кода операции. Короткий 5-битовый адрес оказался эффективным в этой системе, поскольку для информации, записываемой в ЗУ программ и ЗУ вызовов, применяется относительная и косвенная адресация. Этот формат инструкций вследствие его высокой эффективности был выбран и для систем № 1 ESS и № 101 ESS.

В каждое центральное управляющее устройство включается полуавтономное устройство ввода—вывода (I-0). Это устройство вместе с программным управляющим устройством осуществляет коллективное использование ЗУ вызовов на приоритетной основе, причем оно само имеет более низкий приоритет, чем программное устройство. Устройство I-0 работает одновременно с выполнением программ сканирования линейных окончаний, сбора информации о цифрах набора номера и зуммерных сигналах, выдачи импульсов и передачи данных. Использование устройства I-0 для выполнения функций приема и выдачи цифр позволило удлинить цикл прерывания до 25 мс, в то время как в обычных системах он равен 3—10 мс. Кроме того, точное таймирование и короткие интервалы сканирования, которые обеспечиваются устройством, позволили упростить некоторые схемы исходящих комплектов соединительных линий при связи с декадно-шаговыми станциями.

ПРОГРАММНЫЕ ИНСТРУКЦИИ

Для построения программных инструкций применяются микропрограммы. Это позволяет сократить число неиспользуемых вариантов условных переходов, а также число необязательных адресных слов. Применение универсальных регистров вместе с временно́й памятью для всех типов поступающих вызовов позволяет упростить и программы, и административное обслуживание. В этих регистрах хранится информация об этапе установления данного соединения (метка), а также другая информация, относящаяся к обслуживаемому вызову. Все регистры вызовов, которые содержат информацию об этапе установления соединения, используют один и

тот же формат при записи информации и имеют одинаковое число разрядов. Сами метки определяют первый адрес программы, которую требуется выполнить при обслуживании данного вызова. Процесс обслуживания вызова может быть представлен в виде серий передач управления к индивидуальным программам меток. При этом многие программы меток состоят почти полностью из команд обращения к подпрограммам. Для облегчения пользования подпрограммами и помощи при написании программ в основной список инструкций включаются некоторые специальные команды.

ТЕЛЕФОННАЯ СТАНЦИЯ СИСТЕМЫ № 1 ЕАХ ФИРМЫ «AUTOMATIC ELECTRIC»

Первая станция системы № 1 ЕАХ, введенная в эксплуатацию в 1972 г., обслуживала 4000 абонентских линий, хотя была рассчитана на обслуживание 20 000 линий и 30 000 абонентских номеров. На станциях этой системы для управления коммутационной схемой применяются маркеры с замонтированной логикой и регистры-передатчики, а для согласования этого оборудования с оборудованием управления по записанной программе вводится устройство сопряжения. Для обработки информации при установлении соединений и выполнения диагностических работ в системе используется устройство управления по записанной программе. При разработке систем запоминающих устройств на ферритовых сердечниках учтены последние достижения в организации ЗУ, а именно введено вспомогательное ЗУ. Вся система разделяется на коммутационную схему и подсистемы управления.

КОММУТАЦИОННАЯ СХЕМА

Коммутационная схема содержит ступень абонентского искания, представляющую собой четырехзвенную коммутационную схему, точки коммутации которой реализованы на корридах. Звенья схемы обозначены индексами *A, B, C* и *R*. При обслуживании исходящего вызова соединение устанавливается от входа, по которому поступил вызов, через звенья *A* и *B* и далее к одному из 140 исходящих шнуровых комплектов. Звено *R* используется для установления временного пути передачи адресной информации от исходящего шнурового ком-

плекта к одному из 20 регистровых комплектов. Исходящие шнуровые комплекты связываются с регистровыми комплектами по отдельным соединительным путям, по которым идет передача и прием только адресной информации. Регистровые комплекты обеспечивают сопряжение с передающей стороной после того, как исходящий соединительный путь установлен. При обслуживании входящих вызовов соединение устанавливается от одного из 120 входящих шнуровых комплектов к одной из 1000 абонентских линий через три звена коммутации — *А, В, С.* Входящие шнуровые комплекты обеспечивают посылку вызывных сигналов, подают питание в аппарат абонента и фиксируют отбой. При установлении разговорного тракта исходящий и входящий шнуровые комплекты участвуют в соединении и заняты в течение всего времени существования данного соединения. Оставшаяся часть коммутационной схемы — это ступень группового искания и ступень регистрового искания для регистров, обслуживающих соединительные линии.

УСТРОЙСТВО ОБЩЕГО УПРАВЛЕНИЯ

На рис. 10.6 представлена структурная схема станции № 1 ЕАХ, где показаны связи большинства элементов подсистемы общего управления с блоками коммутационной схемы. Исходящий маркер обнаруживает вызовы, которые следует обслужить; причем эти вызовы поступают либо на входы ступени абонентского искания, либо на входы ступени группового искания. Далее маркер осуществляет управление выбором свободных соединительных путей и установлением соединения. Причем при поступлении вызовов по входящим соединительным линиям этот маркер управляет установлением соединения между соответствующими входящими соединительными линиями и регистровыми комплектами. При обслуживании обоих типов вызовов, поступающих либо по абонентским либо по соединительным линиям, исходящий маркер согласует свою работу с процессором данных и сообщает в устройство управления с записанной программой информацию о номерах вызывающих абонентов или о трех соединительных линиях, по которым поступил вызов, а также информацию о выбранных шнуровых комплектах. Оборудование этих

маркеров дублируется, при отсутствии повреждений оба маркера ведут одновременное обслуживание вызовов.

Маркер завершения установления соединения управляет установлением соединения на ступенях группового и абонентского искания при внутристанционном соединении. Под управлением команд записанной програм-

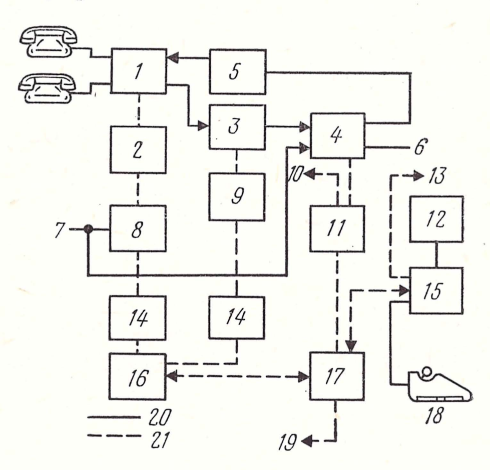


Рис. 10.6. Структурная схема станции системы № 1 EAX (GTE Automatic Electric Labs., Inc.):

1 — ступень абонентского искания; *2* — исходящий маркер; *3* — исходящий шнуровой комплект; *4* — ступень группового искания; *5* — входящий шнуровой комплект; *6* — исходящие соединительные линии; *7* — входящие соединительные линии; *8* — группа регистров соединительных линий; *9* — ступень регистрового искания (звено *R*); *10* — к ступени абонентского искания; *11* — маркер окончания установления соединения; *12* — пульт с дисплеем; *13* — ко всем устройствам; *14* — регистровый комплект; *15* — центр обслуживания и управления; *16* — регистр-передатчик; *17* — процессор; *18* — телетайп; *19* — к исходящему маркеру; *20* — соединительные пути для передачи речи, организованные по физической линии; *21* — соединительные пути для передачи управляющей информации или информации о состоянии системы

мы, поступающих в маркер завершения установления соединения из центрального процессора, маркер осуществляет выбор свободного выхода, при этом в соответствии с полученной командой производит либо упорядоченное, либо случайное искание. Оборудование маркеров дублируется; располагаются они парами и работают попеременно, передавая управление от одного к другому.

Регистр-передатчик работает с разделением времени и может одновременно вести регистрацию и обработку до 192 вызовов, поступающих по местным абонентским и соединительным линиям. Для приема и хранения поступающей информации о цифрах номера он содержит логические схемы и схемы памяти, а также схемы формирования импульсов, используемые при последующей передаче вызова в пункт назначения. Для хранения информации и осуществления сопряжения с процессором данных используется память на ферритовых сердечниках. Логические схемы и устройства памяти в регистре-передатчике дублированы; работают они в синхронном режиме при постоянном контроле ошибок и проверке неисправностей.

Процессор данных представляет собой сочетание машинного комплекса с комплексом ЗУ на магнитных барабанах. Машинный комплекс включает в себя центральный процессор, ферритовую память, устройство управления памятью машины и соединительные линии. По этим линиям в центральный процессор поступает информация, относящаяся к устройствам ввода—вывода, информация о состоянии других подсистем, об обслуживании подсистемами вызовов. Комплекс ЗУ на магнитных барабанах, каждый из которых позволяет хранить 198 000 слов по 27 бит каждое, обеспечивает хранение информации, относящейся к редко выполняемым программам и трансляциям. Из ЗУ на магнитных барабанах происходит передача программ и данных непосредственно в ферритовое ЗУ машинного комплекса. Два устройства ввода—вывода, связанные с процессором данных, — сканнер выписки счетов и устройство на магнитных лентах — работают согласованно с устройством управления по записанной программе при выполнении автоматического учета длительности переговоров по местным линиям. Другие устройства ввода—вывода содержат регистр связи, который используется для связи с маркерами, телетайпами и оборудованием распечатки на бумажной ленте. Оборудование процессоров данных дублируется; при этом машинные комплексы работают синхронно, а комплексы ЗУ на магнитных барабанах работают независимо друг от друга.

ЯПОНСКАЯ СТАНЦИЯ С УЗП ТИПА D-10

Новая телефонная станция D-10 с УЗП, схема которой показана на рис. 10.7, предоставляет абонентам большое количество новых услуг, которые перечислены в табл. 10.1. Следует заметить, что бо́льшая часть этих

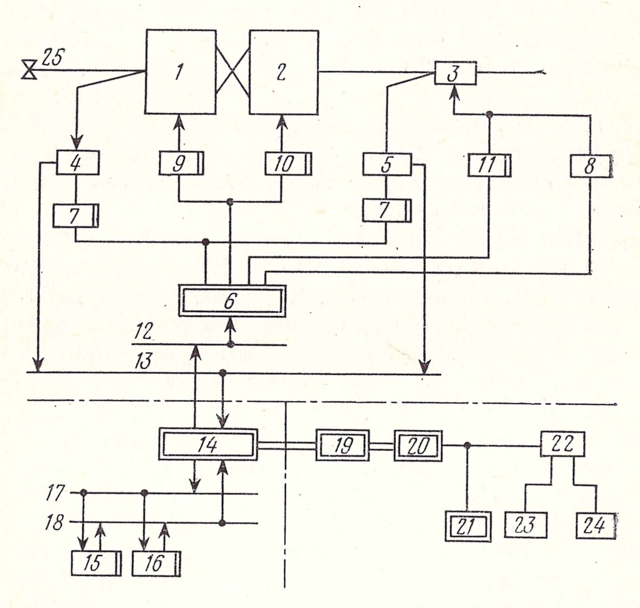


Рис. 10.7. Структурная схема японской станции с УЗП системы D-10:

1 — схема коммутации абонентских линий (СКАЛ); *2* — схема коммутации соединительных линий (СКСЛ); *3* — комплект соединительной линии (КСЛ); *4* — сканнер абонентских линий (САЛ); *5* — сканнер соединительных линий (ССЛ); *6* — распределитель приемников сигналов (РПС); *7* — устройства запуска сканнеров (УС); *8* — распределитель сигналов (РС); *9* — блок управления СКАЛ (БУСКАЛ); *10* — блок управления СКСЛ (БУСКСЛ); *11* — релейный блок управления; *12* — адресная шина разговорного тракта (АШРТ); *13* — информационная шина разговорного тракта (ОШРТ); *14* — центральное управляющее устройство (ЦУУ); *15* — постоянная память (ПП); *16* — вре́менная память (ВП); *17* — адресная шина памяти (АШП); *18* — информационная шина памяти (ОШП); *19* — мультиплексор каналов (МК); *20* — подканал уплотненной линии (ПКУЛ); *21* — магнитный барабан (МБ); *22* — блок управления устройством считывания информации с бумажной ленты, выдаваемой с телетайпа (БУСТ); *23* — телетайп (ТТ); *24* — устройство считывания с бумажной ленты (УСБЛ); *25* — абонент;

26 — частичное резервирование;

27 — полное дублирование

Таблица 10.1

Новые виды обслуживания, предоставляемые станциями с УЗП и существующими системами телефонной связи

(Nippon Telegraph and Telephone Public Corp.)

Вид обслуживания	Наименование услуги	Электронная система коммутации типа D-10	Координатная система коммутации типа C400
1	2	3	4
Облегчение набора номера	Переменный сокращенный набор номера	○	○
	Ограничение случаев полного набора номера (DID, DOD)	○ (только CES)	C410 ○ (только CES)
	Международный абонентский набор номера	△	—
Облегчение приема информации	Услуги «справки по телефону»	△	△
	Переадресация вызовов	*	*
	Автоматическое сопровождение вызова	○	○Уже осуществляется с помощью AIS
Облегчение ведения переговоров	Постановка вызова на ожидание	○	○
	Подключение к установленному соединению	○ (только CES)	C410 ○ (только CES)
	Удержание соединения	*	*
Облегчение получения информации о плате за разговор	Визуальная система оповещения о плате за разговор	△	△
	То же, звуковая	△	△
Другие виды услуг	Система «Центрекс»	○	C410 ○

1	2	3	4
Видеотелефонная связь	Коммутация каналов видеотелефонной связи	△	○
Передача данных по сети общего пользования	Расчеты по телефону	○	Имеет наименование «DIALS»

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:

○ — существующая услуга;
△ — завершена разработка оборудования для предоставления услуги;
* — планируемая услуга.

услуг либо уже предоставляется координатными системами коммутации, либо может быть предоставлена некоторыми модификациями этих систем, как показано в табл. 10.2. Однако использование управления по записанной программе позволяет осуществлять как введение, так и изменение новых видов обслуживания чисто программными средствами, в то время как в координатных системах или же в их модификациях необходимо вводить дополнительное или изменять существующее оборудование, т. е. использовать аппаратные средства. Другими преимуществами электронных систем с УЗП являются их более высокая надежность, обусловленная использованием электронных твердотельных компонентов, большее быстродействие при выполнении операций управления (которое в конечном счете сокращает время занятия), большая загрузка управляющих устройств (которая обеспечивает более эффективное использование существующей коммутационной схемы). Кроме того, применение электронной коммутации приводит к более экономичному использованию оборудования даже в сочетании с существующей коммутационной схемой; причем это оказывается выгоднее, чем модифицировать старую коммутационную схему для введения всех новых видов обслуживания.

Как показывает опыт, в случае введения системы Центрекс нагрузка от абонента настолько увеличивает-

Таблица 10.2

Изменения, которые следует внести в схему для предоставления абонентам новых услуг

Вид услуги	Координатная система коммутации	Система D-10
Сокращенный набор номера		
Постановка вызова на ожидание		
Звуковое оповещение о плате за разговор		
Визуальное оповещение о плате за разговор		
Справки по телефону		
Междугородный абонентский набор		

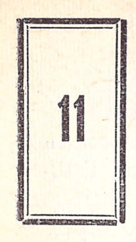
▨ - *вновь вводимое оборудование*

■ - *оборудование, подлежащее изменению*

Примечание к табл. 10.2: *1* — коммутационная схема; *2* — маркер завершения установления соединения; *3* — исходящий регистр для приема информации набора номера с кнопочного телефонного аппарата. Он обычно дополняется устройством выдачи сигна-

ла о приеме вызова на обслуживание; *4* — магнитный барабан; *5* — междугородный центр; 6 — УЗП; *7* — устройство синхронизации; *8* — исходящий регистр соединительных линий; *9* — комплект соединительной линии для передачи сигнала готовности обслуживания вызова; *10* — устройство постановки вызова на ожидание; *11* — комплект соединительной линии; *12* — комплект трехпроводной соединительной линии; *13* — ступень абонентских линий; *14* — комплект исходящей соединительной линии; *15* — комплект входящей соединительной линии; *16* — ступень соединительных линий; *17* — магнитный барабан для записи речи; *18* — к центру звукового оповещения. При прохождении разговора по цепи *1* абонент получает информацию о плате за разговор по цепи *2*; *19* — устройство начисления платы за разговор; *20* — оборудование сбора информации о плате за разговор; *21* — комплект соединительной линии, по которой идет передача информации о плате за разговор; *22* — комплект соединительной линии, используемой системой учета стоимости переговоров; *23* — память; *24* — блок управления комплектом предоставления услуги «справки по телефону»; *25* — регистр, предусмотренный для обеспечения услуги «справки по телефону»; *26* — исходящий комплект соединительной линии для обеспечения услуги «справки по телефону»; *27* — к центру звукового оповещения; *28* — пересчетчик номера вызывающего абонента.

ся, а требования к обслуживанию настолько усложняются, что обеспечить такое «расширенное» обслуживание можно только с помощью электронной системы коммутации. Даже на городской станции системы D-10, максимальная емкость которой составляет 40 000 абонентов при удельной абонентской нагрузке порядка 0,1 Эрл, система обработки в основном занята обработкой информации, поступающей от службы Центрекс. При этом число абонентов, которое может обслужить система, снижается примерно на десять процентов. Это обусловлено тем, что многие новые виды обслуживания связаны с обработкой вызовов, направленных к оператору, требуют выполнения операций соединения—разъединения и управления кнопками и ключами на пульте дежурного оператора, на котором и осуществляется обслуживание вызовов.



11 Системы коммутации каналов, разделенных во времени

Система Т-1, введенная в эксплуатацию фирмой «Белл Систем», положила начало широкому использованию в коммерческой телефонии систем передачи с временным делением каналов и импульсно-кодовой модуляцией. Система Т-1 сама по себе не требует обязательного применения систем временной коммутации. Однако широкое внедрение Т-1 и связанной с ней системы объединения тональных каналов D-1, а также рост потребностей в передаче цифровой информации делают все более желательным применение систем цифровой коммутации в силу их совместимости с указанными системами и преимуществами, вытекающими из совместного их использования. Используя систему объединения каналов D-1, аппаратура Т-1 позволяет обслуживать одновременно 24 тональных канала. Система объединения каналов D-2, разработанная первоначально для междугородных соединительных линий, обеспечивает более высокое качество передачи и позволяет обслуживать в 4 раза большее число каналов, чем система D-1. Система D-2 имеет четыре независимых выхода, каждый из которых эквивалентен общему выходу одной системы D-1, т. е. она обеспечивает четыре 24-канальных группы и формирует на выходе поток импульсов со скоростью 1544 Мбит/с. В новой междугородной телефонной станции цифрового типа № 4 ESS, разработанной фирмой «Белл Систем», предполагается, что все речевые сигналы, поступающие по линиям, уплотненным аппаратурой Т-1, не изменяются и остаются в цифровом виде, а все поступающие аналоговые сигналы будут преобразованы в цифровые. При этом все поступающие в цифровом виде сигналы коммутируются в системе пространственно-временной коммутации. В этой же системе без какого бы то ни было предварительного преобразования может обрабатываться цифровая информация, поступающая от вычислительных машин и других источников.

Технические приемы, используемые при осуществлении импульсной модуляции, имеют большое значение и для систем временно́й коммутации. Ведь именно с помощью импульсной модуляции сообщение размещается во времени таким образом, что становится возможным комбинировать несколько каналов в одной линии и, следовательно, осуществлять коммутацию этих каналов, которые теперь оказываются разделенными во времени, а не в пространстве. В системах временно́й коммутации обычно используются системы амплитудно-импульсной (АИМ) и импульсно-кодовой модуляции (ИКМ).

Методы импульсной модуляции предполагают своеобразную обработку сигналов сообщений, для понимания которой необходимо рассмотреть некоторые понятия из области амплитудно-импульсной модуляции, а также последующие этапы перехода к импульсно-кодовой модуляции. Дискретизация и уплотнение играют существенную роль при формировании сигналов, которые могут быть скоммутированы в системах временно́й коммутации.

ДИСКРЕТИЗАЦИЯ ВО ВРЕМЕНИ

Структурная схема обычного устройства дискретизации во времени приведена на рис. 11.1. Сигнал сообщения m подается на низкочастотный фильтр *1* (о его

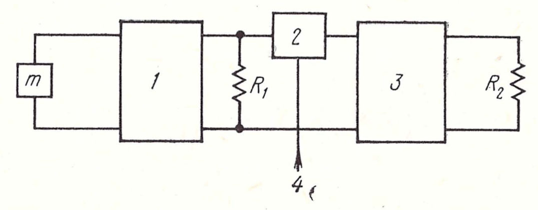


Рис. 11.1. Схема осуществления дискретизации сигналов во времени:

1 — фильтр низкой частоты (ФНЧ); *2* — ключ $Кл_t$; *3* — усилитель *Ус*; *4* — импульсы дискретизации во времени

назначении будет сказано ниже), на выходе которого подключен резистор R_1. Проходя ключ *2*, который управляется импульсами дискретизации во времени, сигнал поступает на усилитель *3*, к выходу которого подключен резистор R_2. В результате прохождения сигна-

ла по этой цепи формируется последовательность импульсов, изменяющаяся в соответствии с амплитудой напряжения сигнала сообщения m (рис. 11.2). В соответствии с теоремой отсчетов Найквиста[1], если через регулярные интервалы времени производить отсчеты сообщения (реальной непрерывной функции времени с ограниченным спектром), причем скорость отсчетов бу-

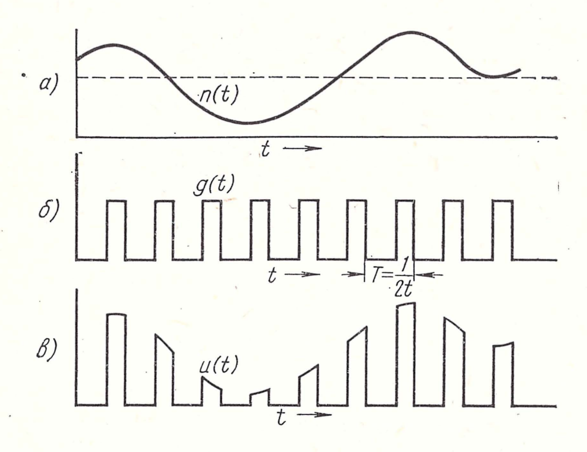


Рис. 11.2. Изменение формы сигнала при дискретизации:

а — форма напряжения сигнала сообщения; *б* — импульсы дискретизации; *в* — форма амплитудномодулированного сигнала

дет немного превышать удвоенную верхнюю частоту спектра, то полученные отсчеты будут содержать всю информацию об исходном сообщении. Именно по этой причине в схему рис. 11.1 и вводится низкочастотный фильтр, а частота следования импульсов, которые управляют ключом дискретизации $Кл_t$, устанавливается приблизительно вдвое выше наивысшей частоты сигнала, появляющегося на выходе фильтра ФНЧ.

Математически процесс отсчета можно рассматривать как умножение функции сообщения $m(t)$ на периодическую функцию дискретизации $g(t)$. Последняя мо-

---

[1] В нашей литературе эта теорема известна как теорема Котельникова В. А. *(Примеч. перевод.)*

жет быть представлена обобщенным рядом Фурье:

$$g(t) = g_0 + \sum_{n=1}^{\infty} g_n \cos(n\omega t + \theta_n), \qquad (11.1)$$

где расстояние между импульсами определяется как $T = 1/(2f_0) = 1/\omega_0$. Тогда при линейной импульсной модуляции импульсно-модулированный сигнал будет представлен функцией $u(t) = m(t)g(t)$. Ряд Фурье, представленный ур-нием (11.1), может описать обобщенную периодическую форму сигнала. Для последовательности прямоугольных импульсов амплитудой h и шириной t с началом отсчета времени в середине импульса имеем

$$g_n = \frac{\omega_0}{\pi} t_2 - t_2 h \cos n\,\omega_0\, t dt = \frac{2h}{n\,\pi} \sin \frac{n\,\omega_0\, t}{2}. \qquad (11.2)$$

При стремлении t к нулю

$$g_n \to \frac{2h}{n\,\pi} \frac{\omega\, n_0\, t}{2} \approx 2hf_0 t \qquad (11.3)$$

и

$$u(t) \to m_1 h f_0 t (\cos \omega_1) t + \cos(\omega_0 + \omega_1) t + \cos(\omega_0 - \omega_1) t +$$
$$+ \cos(2\omega_0 + \omega_1) t + \cos(2\omega_0 - \omega_1) t + \cdots \qquad (11.4)$$

Уравнение (11.4) показывает, что некоторый ограниченный по спектру сигнал может быть воспроизведен по отсчетам, регулярно распределенным по функции и взятым со скоростью, вдвое превышающей наивысшую частоту сигнала. Это уравнение описывает процесс отбора мгновенных проб — последовательных мгновенных значений сигнала.

ВРЕМЕННОЕ УПЛОТНЕНИЕ

После проведения дискретизации независимые сигналы можно сопоставить с взаимно непересекающимися временными интервалами. При этом если импульсы, занимающие эти временные интервалы, не перекрывают друг друга во времени, то можно сформировать «уплотненный» сигнал. Если вместо схемы формирования одного канала (см. рис. 11.1) использовать некоторую базовую схему, показанную на рис. 11.3, то можно осуществить уплотнение нескольких каналов. В данном примере показано лишь четыре канала, однако эти же принципы можно применить для формирования 24 или 32 каналов. Конечно, на практике механические рас-

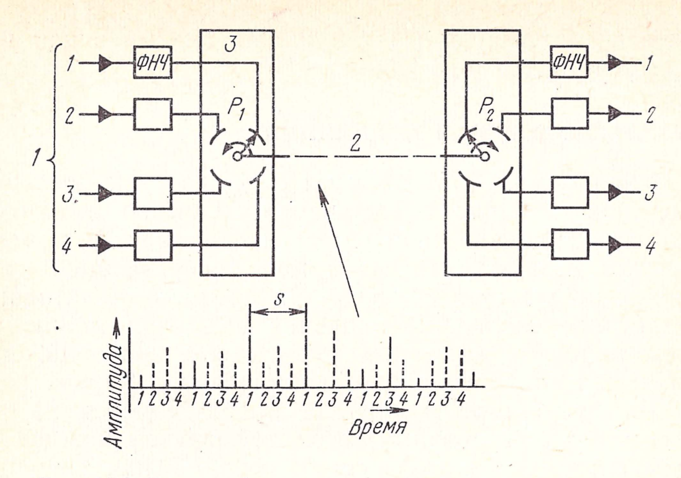


Рис. 11.3. Временно́е уплотнение АИМ сигналов:

1 — аналоговые сигналы речи; *2* — АИМ сигналы (4 канала); *3* — дискретизатор

пределители P_1 и P_2 можно было бы заменить электронными, скорость переключения которых была бы достаточна для обеспечения требуемых скоростей дискретизации. Если в этом примере принять, что максимальная частота сигнала сообщения равна 4000 Гц, то отдельные каналы можно было бы опробовать 8000 раз в секунду, и четыре отдельных импульсномодулированных сигнала были бы переданы в виде соответствующих импульсных последовательностей, импульсы которых чередуются между собой так, как показано на рис. 11.3.

Следует иметь в виду, что частота дискретизации не связана с числом каналов, которые должны быть опробованы и по которым должен быть передан сигнал. Ограничений на число каналов, которые можно объединить описанным способом, не существует. Однако практически чем больше каналов стремятся разместить таким способом в течение каждого периода дискретизации, тем у́же должен быть каждый импульс канала, тем больше должна быть полоса частот, предоставляемая для передачи сигнала, чтобы предотвратить искажение импульса.

Математически спектр всех объединяемых при временно́м уплотнении каналов можно представить следующим образом: $u(t) = \sum\limits_{n-1} u_n(t) g_n(t)$, где n — число ка-

налов в системе; $g_n(t)$ — функция, описывающая процесс отсчета для n-го канала.

ИМПУЛЬСНО-КОДОВАЯ МОДУЛЯЦИЯ

В принципе, АИМ сигналы содержат всю информацию, передаваемую в сообщении. Обычно амплитуда сигнала сообщения изменяется непрерывно, и поэтому значения амплитуд отсчетов при дискретизации занимают непрерывную область. В процессе квантования бесконечное множество значений амплитуд можно аппроксимировать конечным множеством значений, применяя для этого операцию кодирования. Короче говоря, область значений сигнала подразделяется на ряд более мелких (вторичных) областей, причем каждой области значений приписывается число. Такая операция, по существу, аналогична округлению числа до фиксированного числа десятичных знаков. Особенностью таких процессов является некоторая потеря информации, однако ее можно сделать пренебрежимо малой, если ввести достаточное число вторичных областей значений сигнала или же соответствующее число шагов квантования.

КВАНТОВАНИЕ АМПЛИТУДЫ

Исходный синусоидальный сигнал, показанный на рис. 11.4*а*, после проведения квантования его амплитуды мог бы принять вид, показанный на рис. 11.4*б*. Эта

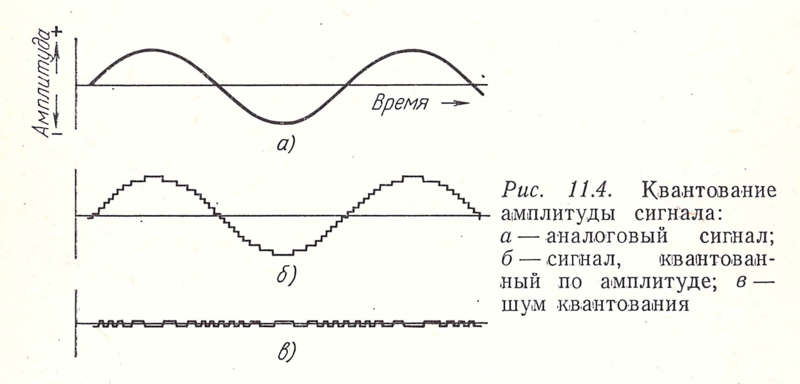


Рис. 11.4. Квантование амплитуды сигнала: *а* — аналоговый сигнал; *б* — сигнал, квантованный по амплитуде; *в* — шум квантования

операция сопряжена с возникновением помехи в виде шума квантования (рис. 11.4*в*). Эта помеха приводит

к ряду ограничений, накладываемых на системы ИКМ, которые будут рассмотрены позже. Однако именно наличие этого шума делает весьма желательным использование систем временной коммутации ИКМ каналов.

Для данного квантованного по амплитуде АИМ сигнала с конечным числом уровней изменения амплитуды можно каждому уровню поставить в соответствие и приписать единственный двоичный код. Тогда каждый АИМ импульс можно заменить группой двоичных импульсов, которые будут представлять амплитуду АИМ сигнала. Двоичный код, содержащий n разрядов, позволяет закодировать 2^n уровней квантования. Таким образом, для 128 уровней потребуется семь разрядов. Результаты простого кодирования части сигнала в трехразрядном двоичном коде при образовании ИКМ сигнала приведены на рис. 11.5.

После кодирования АИМ сигналов и получения сигналов ИКМ сигналы различных каналов могут быть

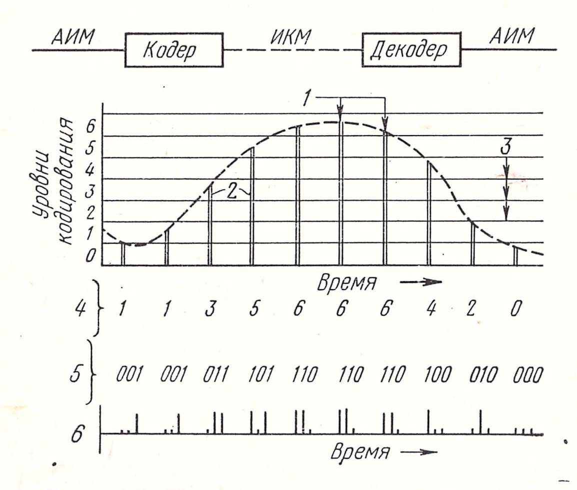


Рис. 11.5. Процесс образования ИКМ сигнала при использовании трехразрядного двоичного кода:

1 — период дискретизации; *2* — АИМ импульсы; *3* — линии фиксированных уровней; *4* — амплитуды импульсов, которые будут закодированы; *5* — амплитуды импульсов в двоичном представлении; *6* — ИКМ сигнал

объединены в одной уплотненной линии. При этом процесс уплотнения может происходить так же, как это было описано ранее при некодированных АИМ сигна-

лах. Сигнал ИКМ требует в n раз большей скорости передачи и, следовательно, в n раз большей полосы частот по сравнению с АИМ сигналом. Однако этот недостаток ИКМ перекрывается в достаточной степени ее достоинствами и делает целесообразным ее использование.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИКМ

Использование ИКМ сигналов в системах передачи с временны́м разделением каналов облегчает решение задачи по уменьшению затухания и фазовых искажений сигналов, снижению помех за счет переходных разговоров и шумов канала при передаче, уменьшению зависимости передаваемого уровня сигнала от затухания в тракте передачи. Эти преимущества вытекают, главным образом, из того, что в определенных точках тракта передачи можно осуществлять регенерацию сигналов. Регенерированные импульсы уже не несут в себе информации о помехах или об искажениях на предыдущих участках тракта передачи. Применение регенерации делает ИКМ сигналы практически независимыми от тракта передачи, что создает заметное преимущество по сравнению с другими видами передачи, при которых накапливаются и искажения, и помехи. Таким образом, отношение сигнал/помеха в системе ИКМ, спроектированной соответствующим образом, будет определяться в основном разработчиком, который выбирает соответствующие пункты тракта передачи для регенерации передаваемых сигналов.

НЕДОСТАТКИ ИКМ

Основной недостаток ИКМ заключается в наличии шума квантования и некоторых искажений сигналов весьма низких уровней. При каждой процедуре кодирование—декодирование, которую необходимо выполнять для аналоговых сигналов сообщения, происходит накопление шумов квантования, поэтому кодирование и декодирование следует производить лишь один раз на каждое соединение. Таким образом, если сообщение однажды будет преобразовано в цифровую форму, то при прохождении через весь тракт передачи оно должно сохранять эту форму до пункта назначения. Следовательно, коммутация ИКМ каналов, собранных в уп-

лотненную линию, является совершенно необходимой с точки зрения обеспечения приемлемых уровней шума квантования и искажений, а также из экономических соображений.

Чтобы уменьшить влияние шума квантования, можно использовать компандирование, однако это недостаточно для эффективного изменения описанной выше ситуации. Компандирование предполагает компрессию АИМ сигналов путем пропускания их через нелинейный усилитель, затем кодирование компрессированных сигналов и после передачи их экспандирование на приемном конце.

В результате этой процедуры область амплитуд, где концентрируется бо́льшая часть речевых сигналов, разбивается на более мелкие шаги квантования, а другая область амплитуд, которая соответствует оставшейся части сигнала, разбивается на более крупные шаги квантования.

ПРИНЦИПЫ КОММУТАЦИИ КАНАЛОВ ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИКМ СИГНАЛОВ

В отношении систем передачи с ИКМ преимущества систем коммутации ИКМ каналов состоят в том, что эти системы являются цифровыми и, кроме того, они пропускают сигналы, передаваемые по уплотненным линиям. По уплотненной линии может идти передача сигналов многих каналов, разделенных во времени и упорядоченных во временну́ю последовательность. Временна́я и пространственная коммутация соответствующих каналов могут проводиться как порознь, так и совместно в различных комбинациях.

Временна́я коммутация предполагает, главным образом, перестановку во времени сигналов в пределах цикла уплотнения так, чтобы сигнал в канале *A* входящей уплотненной линии поступал в канал *B* исходящей уплотненной линии. Это достигается путем записи соответствующих цифр в ЗУ во временно́м интервале *A* и считывания их оттуда во временно́м интервале *B* следующего цикла. Пространственная коммутация (применительно к ИКМ) предполагает обеспечение взаимных соединений уплотненных линий с помощью электронных переключателей, работающих практически мгновенно или с малыми фиксированными задержками. Таким образом, сигнал канала *A* уплотненной линии *X* может

передаваться по тому же каналу *A* какой-либо другой уплотненной линии *Y*. На практике обычно имеется несколько входящих уплотненных линий X_1, X_2 ..., X_m и несколько исходящих уплотненных линий Y_1, Y_2 ..., Y_n, соединенных между собой с помощью построенного на переключателях коммутатора.

ВРЕМЕННАЯ КОММУТАЦИЯ

Приведенное выше описание временно́й коммутации предполагает необходимость «расстановки» временны́х интервалов. Однако необходимость в этом можно исключить, если использовать два вида ЗУ во временно́м коммутаторе. Первый вид ЗУ используется для запоминания входящих сигналов на основе последовательной записи в память строка за строкой (речевое ЗУ), а второе — для отображения соответствующего сигналу временно́го интервала (ЗУ временно́й коммутации). Как показано на рис. 11.6, обоим ЗУ предшествует схема

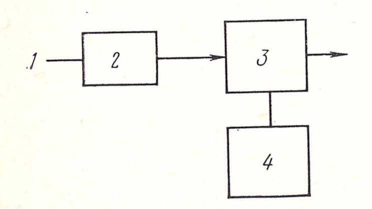


Рис. 11.6. Синхронизация входящих ИКМ сигналов:

1 — входящий сигнал; *2* — схема синхронизации; *3* — речевые ЗУ; *4* — ЗУ временно́й коммутации

синхронизации, назначение которой состоит в управлении отклонениями в размещении временно́й позиции сигнала, ранее синхронизированного генератором синхронизирующих импульсов, расположенным на некотором удалении от узла временно́й коммутации. Такие отклонения в размещении сигнала во времени проявляются в дрожании и джиттере. Отрицательное действие последнего может быть снято перефазированием сигнала, в то время как незначительное расхождение частот задающих генераторов двух станций может быть скомпенсировано только за счет искажения сообщения — сбрасыванием одного двоичного слова (если местный генератор слишком медленно работает) либо пропуском слова, оставляя незаполненной одну ячейку в речевом ЗУ (если местный генератор работает слишком быстро). При расхождении частот генераторов от 10^7 до 10^8

искажения в передаче сообщения в пересчете на каждый канал будут лежать в диапазоне от одного за каждые 16 мин до одного за каждые 2 ч 40 мин. При проведении последующего таймирования используется код синхронизации для приведения временны́х позиций каналов в соответствие с местным счетчиком времени.

Так как каждая точка коммутации в системе с временны́м разделением каналов может быть использована несколькими проходящими сигналами сообщения, то такая система коммутации может содержать меньшее число точек коммутации, чем аналогичная пространственная система. Из простого сравнения (рис. 11.7) вид-

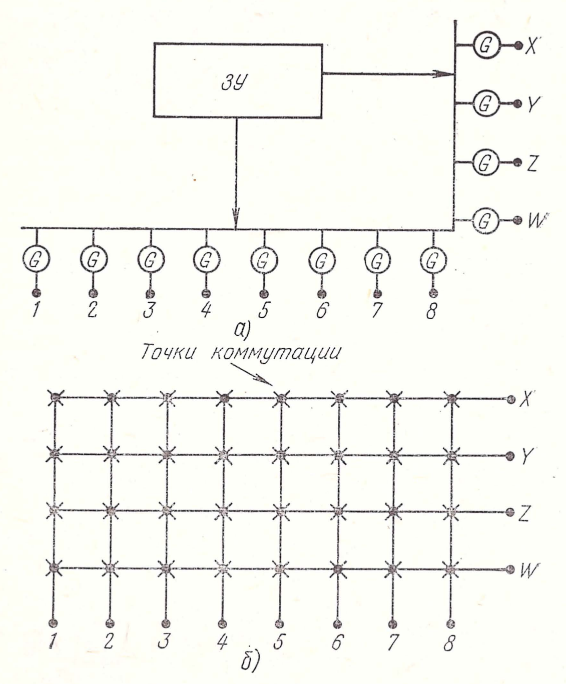


Рис. 11.7. Требования, предъявляемые к точке коммутации при:
а — временно́й коммутации каналов; *б* — пространственной коммутации.

Примечание. *G* — логический элемент.

но, что для соединения одного и того же числа цепей при временно́й коммутации требуется лишь 12 точек коммутации, в то время как в аналогичной простран-

ственной схеме требуется 32 точки коммутации. При использовании сверхуплотнения можно получить дополнительную экономию в числе точек коммутации в системе коммутации с ИКМ. Как показывает рис. 11.8, при сверхуплотнении последовательность битов в канале преобразуется в параллельную форму. Каждая ИКМ линия подключается к сдвигающему регистру, и

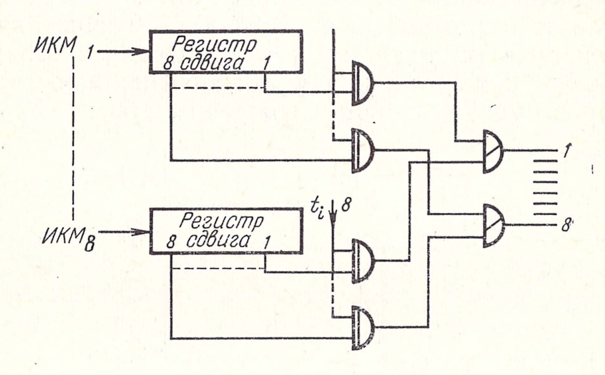


Рис. 11.8. Организация сверхуплотнения (GTE Automatic Electric Labs., Inc)

после того как стандартный 8-битовый сигнал сформируется, информация считывается одновременно по восьми параллельным шинам, которые заводятся на логические элементы, образующие группу уплотнения, и далее этот сигнал в течение времени, равного длительности одного импульса, подается на коммутационную схему ИКМ. Таким образом, путем преобразования сигналов из последовательной формы в параллельную достигается сверхуплотнение восьми ИКМ линий, где каждый канал каждой линии занимает теперь только одну временну́ю позицию, соответствующую одному импульсу. Каждая точка, переключаемая во времени, коммутирует теперь восемь параллельных шин вместо одной при последовательной передаче. Таким образом, теперь получается один восьмиуровневый коммутатор, число точек коммутации в котором в 8 раз меньше, чем в исходном. Для соединения 96 входящих ИКМ линий с 96 исходящими ИКМ линиями без сверхуплотнения потребовалось бы $96 \times 96 = 9216$ одноуровневых коммутируемых во времени точек коммутации. При сверхуплотнении восьми ИКМ

линий для выполнения той же самой операции потребовалось бы лишь 12×12 многоуровневых коммутируемых во времени точек коммутации.

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ И ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННАЯ КОММУТАЦИЯ

Необходимо иметь в виду, что пространственная коммутация ИКМ сигналов отличается от пространственной коммутации аналоговых сигналов. Задачи, решаемые при пространственной коммутации каналов, разделенных во времени, с передачей по ним сигналов, полученных на базе импульсно-кодовой модуляции, состоят в том, чтобы обеспечить соединение каналов различных уплотненных линий. Эти соединения осуществляются с помощью коммутатора, построенного на диодных логических элементах, которые открываются в определенные моменты времени под действием сигналов управления из ЗУ пространственной коммутации, закрепленного за соответствующей уплотненной линией.

Хотя в общем случае и пространственную и временнýю коммутацию ИКМ каналов можно осуществлять порознь, более экономичная реализация коммутационной схемы достигается при их комбинации. Обычно используются следующие комбинации видов коммутации: пространство—время—пространство, время—пространство—время; время—пространство; причем устройство временнóй коммутации служит в качестве связующего звена между отдельными коммутаторами, реализующими пространственную коммутацию ИКМ каналов. Для осуществления временнóй коммутации необходимо использовать специальное буферное ЗУ (или речевое ЗУ), которое закрепляется за каждым входом коммутационной схемы. Кроме того, для управления считыванием информации из этого ЗУ необходимо ввести еще одно запоминающее устройство. Однако учитывая, что не все каналы занимаются в одно и то же время, можно установить, что всегда имеются свободные ячейки памяти, приписанные незанятым каналам. Чтобы уменьшить число ячеек памяти, звено временнóй коммутации делают промежуточным, размещая его между звеньями пространственной коммутации, как показано на рис. 11.9. В этом случае число ячеек памяти будет определяться исходя из ожидаемой максимальной нагрузки.

Чтобы установить соединение в схеме, выбирается блок ЗУ, к которому возможно подключение в интервалы времени, определяемые как входящим, так и исходящим каналами. Предположим, мы хотим установить соединение канала *10* уплотненной линии *1* с каналом *15* уплотненной линии *М*, причем для уплотнения линий использована 24-канальная аппаратура. Если будет

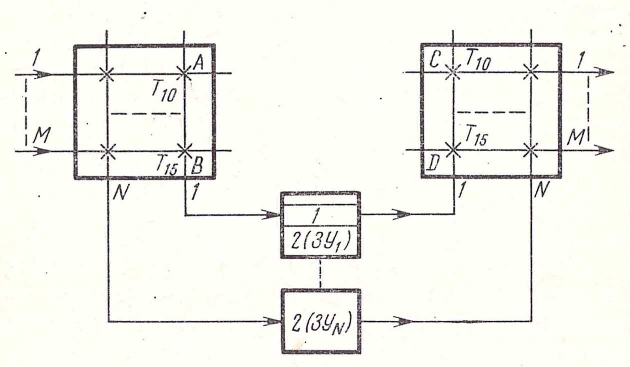


Рис. 11.9. Схема коммутации разделенных во времени каналов типа «пространство — время — пространство»:
1 — информационное слово 10; *2* — блок хранения речевой информации

выбран блок $ЗУ_1$, то с ячейкой *10* этого ЗУ в интервал времени, соответствующий ИКМ каналу C_{10}, будут соединены точки коммутации *А* и *С*. Информация из ячейки *10* считывается и проходит на выход системы через точку коммутации *С*. Информация, поступающая по входящему каналу C_{10}, проходит через точку коммутации *А* и в конце канального интервала t_{10} записывается в ячейку *10* $ЗУ_1$. В период канального интервала t_{15} к памяти оказываются подключенными точки коммутации *В* и *D*. Информация, записанная в десятом канальном интервале в ячейку *10*, считывается и проходит на выход системы в уплотненную линию *М* через точку коммутации *D*. При этом считанная из памяти информация передается теперь в канале *15* уплотненной линии *М*. Ячейка памяти *10* может принимать новую информацию, поступающую по каналу C_{15}, и записывать ее по мере прохождения информации через точку коммутации *В*. Запись информации в ячейку происходит в конце канального интервала t_{15}; информация хранится в ячейке *10* до момента наступления следующего канального интервала *10*.

ПРИМЕНЕНИЕ КОММУТАЦИИ ИКМ КАНАЛОВ

Если бы системы связи во всем мире были бы заменены системами коммутации каналов с временны́м делением и импульсно-кодовой модуляцией, то все операции, связанные не только с коммутацией каналов, но и с передачей данных и с обработкой информации от современных абонентских устройств, можно было бы осуществлять при помощи систем передачи с ИКМ и систем коммутации ИКМ каналов. Однако поскольку любая система коммутации вводится в уже сложившуюся сеть связи и должна сосуществовать с электромеханическими системами коммутации, а также с системами с пространственной коммутацией и электронным управлением, то введение в эксплуатацию системы коммутации каналов с временны́м делением и ИКМ не может происходить без учета такой ситуации. По целому ряду причин, о некоторых из которых уже говорилось, система коммутации ИКМ каналов не может быть принята в качестве системы коммутации для местных центральных телефонных станций. Однако уже сейчас имеются предположения, что эта система коммутации будет играть исключительно важную роль в качестве транзитных и междугородных телефонных станций. Англия, которая первая использовала систему коммутации каналов с временны́м делением для всех видов телефонных станций, провела успешные опытные испытания транзитных телефонных станций с использованием аппаратуры ИКМ. В США закончилась разработка новой междугородной телефонной ИКМ станции большой емкости, названной № 4 ESS. В этих странах процесс введения цифровых систем коммутации все более ускоряется в связи с непрерывным увеличением количества аппаратуры передачи с ИКМ. В США быстрый рост числа систем передачи Т-1 и Т-2 сделал совершенно очевидным необходимость введения совместимой с ИКМ системы коммутации, особенно на уровне междугородных станций.

МЕЖДУГОРОДНАЯ ТЕЛЕФОННАЯ СТАНЦИЯ ДЛЯ КОММУТАЦИИ ИКМ КАНАЛОВ (№ 4 ESS)

В Лабораториях Белла была разработана новая междугородная электронная система коммутации большой емкости, построенная на принципах временно́го

разделения каналов. Система использует схему временной коммутации, управляемую процессором на основе записанной в памяти программы, который также является новой разработкой фирмы. В системе предусмотрено сопряжение с аналоговыми системами передачи, что позволяет использовать ее вместо координатной системы № 4 ETS. Обеспечивая полную совместимость с цифровыми системами передачи, станция № 4 ESS позволяет осуществлять коммутацию потоков цифровой информации, поступающих по линиям передачи, уплотненным аппаратурой Т-1 и Т-2. Если оказывается, что все соединительные линии аналоговые, то в схему приходится вводить аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи. По мере увеличения числа цифровых систем передачи непосредственная коммутация цифровых каналов будет приносить все бо́льшую экономическую выгоду, поскольку схемы формирования групповых трактов и преобразователи будут в дальнейшем заменяться цифровыми терминалами.

Емкость рассматриваемой станции составляет 107 000 входов — соединительных линий и служебных цепей. Станция рассчитана на нагрузку, пиковое значение которой равно 1,7 млн CCS (47222,2 Эрл), вероятность блокировки при этом составляет 0,005, интенсивность поступления вызовов в систему равна 350 000 вызовов/ч. Как видно из рис. 11.10, система в основном состоит из цифровой коммутационной подсистемы, управляемой процессором по программе, записанной в ЗУ, к которому подключена группа сигнальных процессоров. Слева на рисунке показаны различные типы каналов передачи (цифровых и аналоговых), которые подключаются к оконечным устройствам тональных каналов. Четырехпроводные выходы этих устройств подключены к устройству сопряжения аналоговых каналов с цифровыми, в котором в одном направлении осуществляются дискретизация, уплотнение и кодирование аналоговых сигналов, а в другом — декодирование, разуплотнение и преобразование цифровых сигналов в аналоговые. Выход устройства сопряжения представляет собой уплотненную линию (шину) с возможностью передачи цифровой информации в 128 временны́х позициях. По этой шине могут передаваться 8-битовые сигналы ИКМ, причем по распределению позиций временны́х интервалов она хорошо согласуется с групповым оборудованием каналов D-2 существующих цифровых

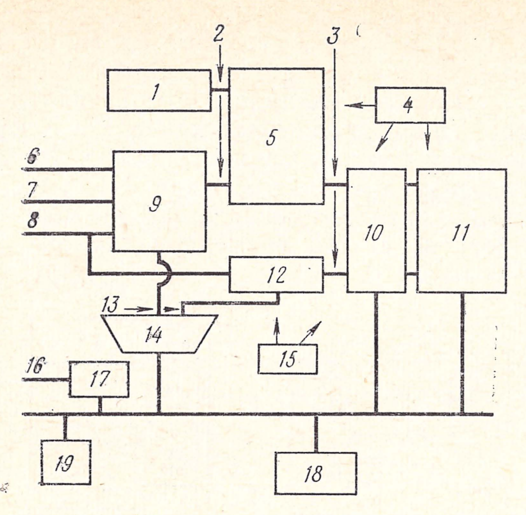


Рис. 11.10. Структурная схема системы № 4 ESS (IEEE — ISS Record):

1 — комплекты различного назначения; *2* — аналоговый сигнал; *3* — 128 каналов ИКМ; *4* — источники питания; *5* — устройство сопряжения аналоговых каналов с цифровыми; *6* — физические соединительные линии; *7* — соединительные линии с частотным уплотнением; *8* — цифровые тракты; *9* — оконечное устройство тональных каналов; *10* — сдвиг временны́х позиций каналов; *11* — блок коммутации уплотненных линий; *12* — двухгрупповое оконечное устройство; *13* — сигнализация; *14* — сигнальный процессор; *15* — генератор синхронизирующих импульсов; *16* — линии передачи данных; *17* — общий канал сигнализации (ОКС); *18* — процессор 1А; *19* — устройство ввода — вывода

систем передачи. Одна шина, на которую поступает информация с выхода кодера, и другая шина, с которой поступает информация на вход декодера, соединены с устройством сдвига временны́х позиций, который наряду с другими функциями осуществляет коммутацию временны́х позиций каналов. Выходы устройства сдвига подключены к блоку коммутации уплотненных линий, в котором в определенной временно́й позиции осуществляется их коммутация. Выход блока коммутации уплотненных линий подключен к устройству сдвига временны́х позиций каналов, которое перемещает цифровую информацию из одной временно́й позиции в другую и затем передает ее в устройство сопряжения аналоговых и цифровых сигналов. В этом устройстве происходит обратное преобразование разделенных во времени цифровых сигналов в разделенные в пространстве аналоговые сигналы.

На рис. 11.11 показаны основные блоки, из которых строится коммутационная система. Здесь 120 четырехпроводных аналоговых каналов подключаются к устройству сопряжения аналоговых каналов с цифровыми, где производятся дискретизация сигналов, их уплотнение, преобразование в 8-битовый код ИКМ и дальнейшая передача по шине, имеющей 128 временны́х позиций, в устройство сдвига временны́х позиций. В этом

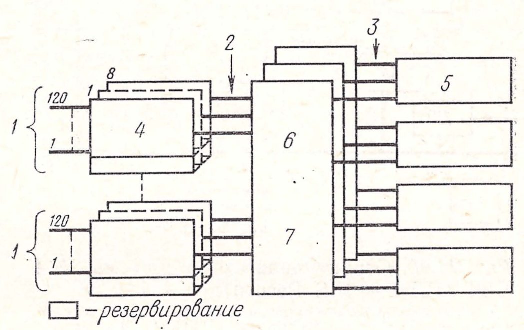


Рис. 11.11. Коммутационная схема с временны́м делением каналов системы № 4 ESS (IEEE — ISS Record):

1 — четырехпроводные соединительные линии для передачи аналоговых сигналов; *2* — 120/128 каналов; *3* — 105/128 каналов; *4* — блоки сопряжения аналоговых каналов с цифровыми, 120 линий; *5* — блок временно́й коммутации, 26 880 линий; *6* — 1680 линий; *7* — изменение временны́х позиций каналов

устройстве каналы семи шин равномерно перераспределяются по восьми шинам, каждая из которых уплотнена 105 каналами. Затем вновь осуществляется переход от 105 каналов к 128 каналам. Информация, передаваемая в любой из временны́х позиций по данной уплотненной линии, может быть передана по этой же линии в любой из 128 временны́х позиций. Это расширение позволяет получать малую вероятность блокировок в системе. После завершения операции сдвига временны́х позиций восемь уплотненных линий подключаются к временно́му коммутатору 8×8, который размещается в том же устройстве сдвига. Далее восемь уплотненных линий звена временно́й коммутации соединяются с блоком коммутации уплотненных линий, где любая линия в некоторой временно́й позиции может быть скоммутирована с любой другой шиной в той же самой временно́й позиции.

На рис. 11.12 показан соединительный путь от входа к выходу цифровой коммутационной системы с указанием того, как запоминающее устройство осуществляет управление установлением этого соединения. По 105 каналам уплотненной линии *A* поступают сигналы, причем занимают они строго определенную временну́ю позицию и передаются по линии последовательно. Затем эти сигналы поступают в ЗУ, имеющее 128 ячеек

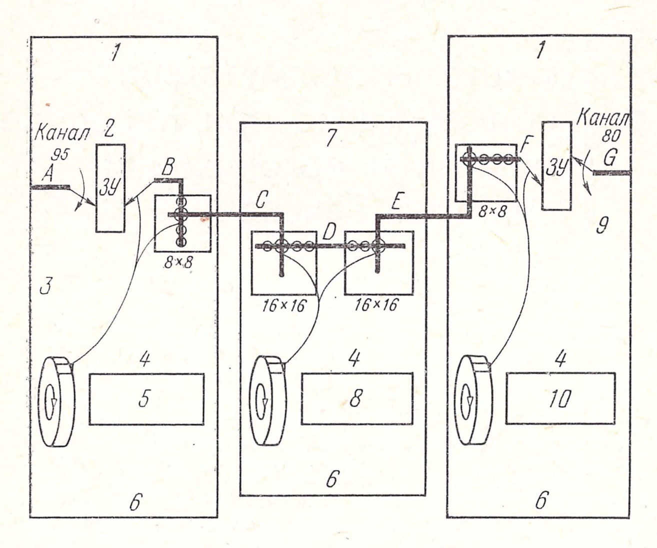


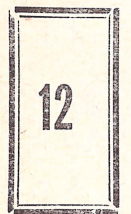
Рис. 11.12. Размещение управляющих ЗУ в системе № 4 ESS (IEEE — ISS Record):

1 — изменение временны́х позиций каналов; *2* — 105 соединительных линий в 128 временны́х позициях; *3* — фиксированный порядок записи; *4* — слово ячейки № 6; *5* — информацию канала 95 считать в линию *B*; *6* — управляющее ЗУ; *7* — схема пространственной коммутации уплотненных линий 256×256; *8* — считать в линию *D*; *9* — фиксированный порядок считывания; *10* — считать в линию *F* по каналу *80*.

Примечания: 1. По всей системе 128 временны́х позиций.
2. Передача информации по схеме идет во временно́й позиции № 6.

памяти (из расчета одна ячейка на каждую временну́ю позицию). Эти сигналы хранятся в ячейках ЗУ до момента считывания их в какой-то другой, не совпадающей с их поступлением, позиции. Причем время пребывания сигнала в памяти не превышает времени одного цикла (125 мкс). Второе управляющее ЗУ хранит адрес выборки точек коммутации, с помощью которых в блоке коммутации уплотненных линий осуществляется

соединение линии C с линией D и линии D с линией E. Управляющее ЗУ во входной части устройства сдвига временны́х позиций выбирает точку коммутации для соединения линии E с линией F и ячейку ЗУ, с которой должен быть соединен канал. В процессе упорядоченного считывания из памяти во временно́й позиции, соответствующей заданному каналу, на линии G появляются 8-битовые слова, образующие ИКМ сигнал.



Системы коммутации, применяемые при передаче данных и организации системы Телекс

На быстрый рост передачи данных, главным образом, оказало влияние резко возросшая необходимость в передаче информации от и к ЭВМ. Современные ЭВМ с коллективным доступом к ним могут соединяться одновременно со многими станциями, где формируются данные. Другими формами передачи данных, для организации обработки которых используются телефонные и телеграфные линии связи, являются: передача серий данных, передача в реальном масштабе времени (как это имеет место в системах резервирования аэрофлота), передача данных, относящихся к банковскому делу и кредитам, диалог человека с ЭВМ с помощью графиков, системы сбора данных, автоматическое чтение показаний измерительных приборов. Сочетание ЭВМ и систем передачи данных предъявляет настолько новые требования к системам, которые должны вести обработку соответствующей информации, что теперь о них можно говорить скорее как о системах телеобработки, чем о системах связи.

Начало телеобработке положила система резервирования аэрофлота, в которой важным является не распределение данных от ЭВМ, а постоянное ведение инвентаризационной ведомости посадочных мест и предоставление возможности быстрого доступа к этой ведомости из различных удаленных пунктов. Другим примером могут служить банки, которые стремятся централизовать свой учет и обеспечить всем своим отделениям до-

ступ к центральным файлам. В основном можно указать на три причины, обусловившие разработку систем телеобработки: требования централизации файлов, необходимость в распределении услуг ЭВМ, преимущества, получаемые в результате возможно более гибкого размещения пользователей этой системой.

Первоначально работа системы резервирования мест на авиалиниях и банковской системы была организована на частнопредпринимательской основе, что сводило к минимуму потребности в коммутации. Но вскоре возникла необходимость в расширении сферы действия этих систем. Например, для получения сведений об авиалиниях, не входящих в указанную систему аэрофлота, целесообразно организовать коллективное использование некоторых общих устройств данных. Несмотря на то что на частных сетях можно было бы обеспечить много видов обслуживания, все же необходимость в организации передачи данных между городами привела к созданию региональных и национальных сетей. В США в качестве основных «переносчиков» данных выступили фирма «Белл Систем», независимые телефонные компании и специализированные сети связи для передачи данных.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

При разработке требований к системе передачи данных чаще всего используют следующую модель обмена информацией: центральная вычислительная машина ведет одновременно переговоры с несколькими простыми терминалами. В отличие от телефонной связи, на сети передачи данных необходимо устанавливать соединения между различными видами абонентского оборудования, причем число видов этого оборудования может быть очень большим.

В качестве терминалов сети могут выступать некоторые типы периферийных устройств ЭВМ, причем сами ЭВМ могут функционировать в различных режимах. Важной характеристикой системы передачи данных является скорость поступления информации с терминалов, которая может быть от 100 до 10 000 бит/с. Многие терминалы, используемые в настоящее время, имеют ограничения по скорости передачи информации в силу необходимости предоставления определенных услуг, однако ряд из них может работать с различными или

переменными скоростями. Один из возможных подходов к организации работы сети в данных условиях состоит во введении буферной памяти на терминалах. Однако этот подход является «дорогостоящим». В настоящее время ЭВМ с коллективным доступом обычно ведет обработку информации, поступающей с терминалов, либо с одной постоянной скоростью, либо в небольшом диапазоне фиксированных скоростей. Введение обратной связи между терминалами и ЭВМ позволяет использовать только одну программу для включения в работу терминалов, имеющих различные характеристики; однако необходимая при этом обработка сигналов обратной связи должна производиться в устройствах сети связи.

По мере совершенствования методов формирования данных все большее число терминалов подключалось к ЭВМ с коллективным доступом, что удорожало всю систему и создавало дополнительные трудности из-за необходимости предоставления отдельной линии для подключения каждого терминала к ЭВМ. Таким образом, требовалось уплотнение линий, соединяющих терминалы с ЭВМ. Однако решение этой проблемы не обязательно должно быть прямолинейным и это обусловлено следующим. В отличие от телефонной сети, в сетях передачи данных оконечное оборудование линий связи даже для одной и той же линии различно. Действительно, на одной стороне линии связи может быть включена ЭВМ, поведение которой достаточно гибкое, а на другой — сравнительно медленно работающие терминалы «без интеллекта». Поскольку эти виды оборудования, соединенные одной линией связи, оказываются разными, то и сеть связи должна обслуживать их по-разному. Что касается потока информации в сетях передачи данных, то он такой же, как и при ведении телефонных разговоров, — прерывистый. Однако длительность передачи информации разная: несколько минут разговора при телефонной связи и лишь несколько секунд передачи информации в одном направлении, затем пауза и некоторый поток информации в обратном направлении — при передаче данных. Время доступа к обычным ЭВМ, находящимся в эксплуатации, составляет около 100 мс; при использовании ЗУ с лучшими характеристиками это время будет уменьшаться. При организации обмена сообщениями данных необходимо

поддерживать время обмена в том же диапазоне, что и время обращения к ЭВМ.

МЕТОДЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

При организации связи между объектами сети передачи данных можно использовать различные методы. Один из них состоит в том, что передаваемая информация по мере ее продвижения по сети на каждой ступени запоминается, а затем передается с более высокой скоростью на следующую ступень. Эта система передачи данных, известная как система с промежуточным хранением или система коммутации сообщений, отличается от системы, используемой при коммутации телеграфных сообщений. Вводя память при установлении соединительного пути на сети, можно использовать линии связи, допускающие передачу информации с различными скоростями; кроме того, скорость передачи информации по линиям связи, ведущим к терминалам, может отличаться от скорости передачи информации по линиям связи, ведущим к ЭВМ. Если единица сообщения является единицей обмена информацией между процессорами или между терминалом и процессором, то именно этот метод может получить наибольшее преимущество перед остальными.

КОММУТАЦИЯ КАНАЛОВ

Другой подход к организации передачи данных состоит в использовании коммутации каналов, которая в случае цифровой информации была бы реализована с помощью системы коммутации каналов с временным делением. Однако, чтобы этот метод оказался эффективным, необходимо передавать определенное минимальное количество информации. Так, если длина сообщения составляет порядка 1000 бит, то оно оказывается слишком коротким, чтобы посылать его по сети с коммутацией каналов, и метод коммутации сообщения в этом случае может оказаться лучшим. Чтобы поддерживать длину сообщения на этом уровне или даже ниже, необходимо сообщение разбивать на более короткие блоки, называемые пакетами. Поэтому такие системы с промежуточным хранением информации называют часто системами коммутации пакетов. Если единица хранения информации может быть доведена до 1000 бит,

то задержка в передаче сообщений на сети вследствие записи его в память может быть доведена примерно до 10 мс.

Оказалось, что на любой большой сети передачи данных необходимо использовать и метод коммутации пакетов, и метод коммутации каналов, поскольку каждый из них хорошо приспособлен к различным интенсивностям нагрузки: метод коммутации пакетов лучше и эффективнее при передаче сообщений длиной в 1000 бит, а метод коммутации каналов — при передаче сообщения в 10 000 бит. При промежуточных значениях преимущество одного метода перед другим пока еще неясно, однако если сообщение разбивается на пакеты, то при методе с промежуточным хранением информации целесообразно обрабатывать большие по длине сообщения. Для совмещения обоих методов коммутации требуется организация многократных (мультиплексных) соединений между сетью и ЭВМ с коллективным доступом. При этом часть системы, относящаяся к коммутации пакетов, будет использовать для такого соединения с сетью одну или несколько цепей, по которым передача информации будет идти путем чередования пакетов. Каждый пакет будет нести адрес пункта своего назначения. Размеры пакетов должны быть выбраны таким образом, чтобы паузы между пакетами совпадали с паузами в работе устройств ввода или вывода вычислительной системы, ведущей обработку информации.

СЕТИ КОММУТАЦИИ СООБЩЕНИЙ И ПАКЕТОВ

Основная задача коммутации с промежуточным хранением информации состоит в обеспечении обработки нагрузки не в реальном масштабе времени. Коммутация пакетов, по существу, является частным случаем коммутации сообщений, когда длина сообщения регулируется таким образом, чтобы обеспечить наиболее эффективную работу системы. Структура системы коммутации сообщений показана на рис. 12.1. Поток информации, подлежащей промежуточному хранению, формируется следующим образом: сообщение, подготовленное человеком или машиной в некотором абонентском пункте, поступает в линию и далее записывается в память в соответствующем коммутационном центре X (по требованию можно производить и непрерывную запись). Затем отыскивается и занимается свободная сое-

динительная линия к оконечному центру W. После этого сообщение направляется к центру W, где оно вновь записывается в память, а затем будет последовательно передано адресату, если его линия свободна. Последовательный характер процедуры передачи сообщения на рис. 12.1 указан с помощью интервалов i_1, i_2, i_3. Полная

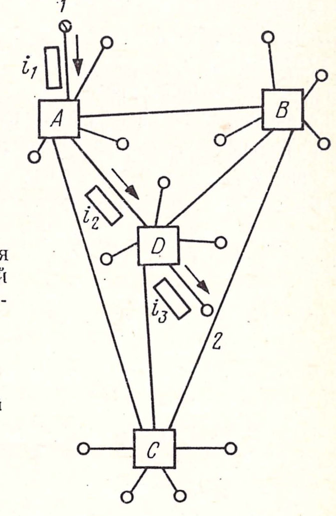


Рис. 12.1. Типовая конфигурация системы коммутации сообщений (IEEE — Transactions of Communication Technology):

1 — адресант; 2 — адресат.

Условные обозначения:

▯ — центр коммутации сообщений

○ — пользователь;

▭ — сообщение;

i — интервал передачи

передача от конца к концу предполагает только одностороннюю связь, однако в общем случае это не обязательно. Поскольку при таком способе работы сквозное соединение от конца к концу не устанавливается, то ответ или подтверждение о принятии сообщения будет как бы новым сообщением, передаваемым в обратную сторону. Если все соединительные линии между коммутационными центрами X и W окажутся занятыми, то точно так же, как и при коммутации каналов, будет предпринята попытка установления обходного пути от X к W через центры Y и Z.

ПЕРЕДАЧА СООБЩЕНИЙ

Управление работой системы может осуществлять логическое устройство коммутационного центра, которое отвечает адресату и использует информацию о маршрутизации, содержащуюся в сообщении. Формат

сообщения включает следующие компоненты: начало сообщения, заголовок сообщения, текст сообщения, окончание сообщения. Заголовок сообщения обычно содержит адрес и информацию о маршрутизации. Важной особенностью коммутации сообщений является возможность упорядочения исходящих сообщений в файлы, предназначенные для данного исходящего канала. Эта особенность системы известна как образование очереди. Для последующей передачи сообщения могут располагаться в порядке их поступления либо в соответствии с приоритетом, определяющим предпочтительность их внеочередной обработки. Приоритет может быть указан в заголовке сообщения. Сообщения сортируются в соответствии с адресами пунктов их назначения и направляются в соответствующие устройства исходящих линий. В этих устройствах может происходить дальнейшая сортировка сообщений при размещении их в запоминающих устройствах для передачи в соответствии с высоким, средним и низким приоритетами. Затем сообщения считываются из ЗУ и передаются в исходящую линию в вышеуказанном порядке.

При использовании методов, связанных с образованием очередей, возможно введение «интерполяции» сообщений. В этом случае длинное сообщение прерывается и передается более короткое сообщение. Для сообщений самого высокого приоритета можно спроектировать центр сообщений таким образом, чтобы линейные ЗУ могли начинать считывание информации и ее передачу до того, как будет принято все сообщение полностью. Такой способ работы наиболее близок к способу работы в реальном масштабе времени в системах коммутации сообщений. Если сообщение разбивается на блоки, то начало регистрации второго блока сообщения может служить сигналом начала последующей передачи первого блока. Другая особенность системы состоит в том, что можно обеспечить преимущественное право занятия требуемой линии, которая уже используется для передачи низкоприоритетного сообщения, в пользу сообщения с высоким приоритетом.

Системы с промежуточным хранением информации легко приспособить для многоадресной передачи сообщений, т. е. для передачи сообщения нескольким пользователям. Обычно эта операция выполняется последовательно, если не возникает необходимость в получении информации в реальном масштабе времени. Однако

одно и то же сообщение можно передать нескольким пользователям и одновременно, если оно предназначено нескольким центрам коммутации сообщений.

Центры коммутации сообщений могут «вести разговор» на определенном языке и с определенной скоростью. Например, телетайп передает информацию в коде Бодо, а ЭВМ ведет передачу в совершенно другом коде. При этом в центре коммутации можно предусмотреть специальное оборудование перевода, позволяющее принимать все сообщения в одном коде, например в коде Бодо. Кроме того, вполне возможен перевод из одних кодов в другие, однако в каждом случае должна содержаться директивная информация, относящаяся к маршрутизации, приоритетам и т. д. Возможны переговоры между терминалами на различных скоростях, когда передача и регистрация сообщения происходят с одной скоростью, а считывание его в другую соединительную линию — с другой заранее заданной скоростью. Возможность ведения таких переговоров позволяет устанавливать соединения между оконечными устройствами, работающими с различными скоростями.

ДЕЙСТВУЮЩИЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ СООБЩЕНИЙ

Примером действующей системы коммутации с промежуточным хранением является административная сеть передачи данных Департамента Дальней Связи фирмы AT&T. Эта система обрабатывает административную нагрузку, сообщения о дате и содержании записей в платежных ведомостях, данные, связанные с размещением элементов схем, а также с эксплуатацией оборудования. Для передачи данных и сообщений с телетайпа система использует различные линии связи. Эти линии контролируются электронным распределителем сообщений, который опрашивает станции, принимает поступающие от них сообщения, упорядочивает их в очереди для последующей доставки в один или несколько пунктов назначения. Распределитель строится на базе процессора системы № 1 ESS, который дополняется периферийными устройствами для сбора, хранения и передачи символов данных. Эта система была названа № 1 ESS ADF.

СИСТЕМА № 1 ESS ADF

На рис. 12.2 показана схема взаимосвязей станций, контроллеров, линий и системы № 1 ESS ADF. Станциям, которые подключены к ЭВМ или же телетайпам, приданы индивидуальные контроллеры. Они отвечают на сигналы опроса, посылаемые из системы № 1 ESS

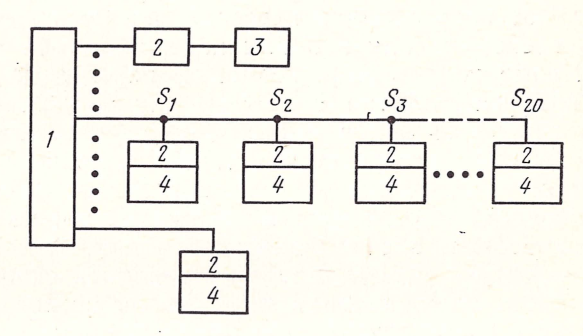


Рис. 12.2. Схема соединения терминалов данных с системой № 1 ESS ADF:
1 — система № 1 ESS ADF; *2* — контроллер; *3* — ЭВМ; *4* — телетайп

ADF, и регистрируют требования на обслуживание, когда абонент посылает сообщение для доставки. Хотя к одной линии может быть подключено несколько станций, система № 1 ESS ADF в любой момент времени определяет, какие станции принимают и доставляют сообщение. Как видно из рис. 12.3, основные элементы системы следующие: автономный распределитель ЗУ данных, буферное устройство управления, ЗУ сообщений, система лент и центральный процессор. Для надежности все эти элементы продублированы.

Распределитель сканнеров данных. Распределитель сканнеров данных, используя принцип временно́го разделения, 1650 раз в секунду проверяет состояние каждой линии и результат проверки записывает в память. При этом проверку линии он проводит в середине интервала, отведенного для каждого бита данных. Для задания и фиксации адреса линии используются ультразвуковые линии задержки на алюминиевых шинах. Результаты сканирования данных, полученные после проверки линии, последовательно поступают в устройство памяти, где они накапливаются и хранятся до тех пор,

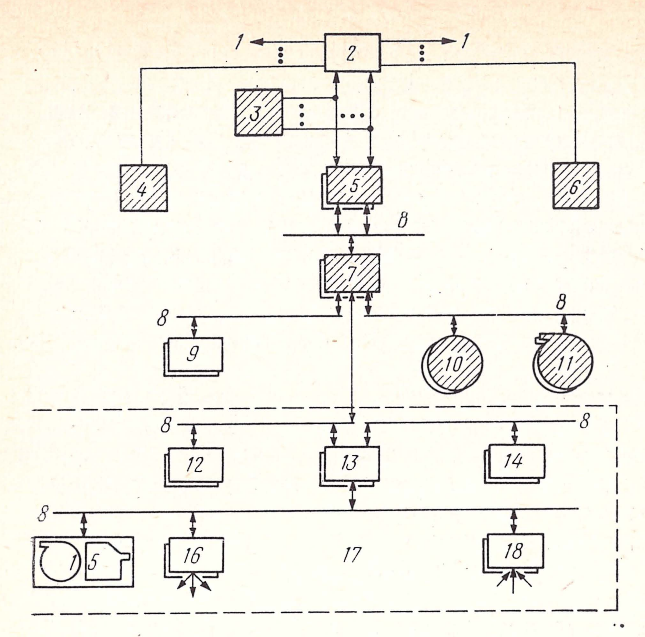
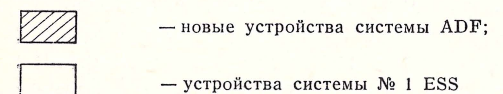


Рис. 12.3. Структурная схема системы № 1 ESS ADF (технический журнал фирмы «Белл Систем» — «Bell Systems Technical Journal»):

1 — к станциям; *2* — испытательные панели 9В или ДОТС; *3* — автоматическое устройство проверки состояния линий передачи данных; *4* — центр эксплуатации сети; *5* — автономный распределитель сканнеров данных; *6* — центр поиска; *7* — буферное устройство управления; *8* — шина; *9* — буферное ЗУ; *10* — MSG ЗУ; *11* — система лент; *12* — ЗУ вызовов; *13* — центральное устройство управления; *14* — ЗУ программ; *15* — система лент (АМА); *16* — распределитель импульсов; *17* — центральный процессор; *18* — феррoдный сканнер.

Условные обозначения:



— новые устройства системы ADF;

— устройства системы № 1 ESS

пока полностью не будет принято все сообщение, соответствующее одному символу. Затем эта информация уже в параллельной форме поступает в буферное устройство управления. Там осуществляется согласование различных скоростей работы периферийных устройств со стандартным временны́м циклом работы центрального процессора. Введение буферных ЗУ между периферийными устройствами и центральным процессором позволяет снять с центрального процессора ряд функций, требующих многократного выполнения. Это обес-

печивается путем: 1) принятия символов данных из распределителя сканнера данных и объединения этих символов в машинные слова; 2) распознавания и расстановки специальных управляющих символов — меток; 3) осуществления контроля над ошибками в сообщении; 4) работы в качестве буфера при управлении передачей сообщений из памяти сообщений на систему лент и обратно; 5) чередования работы распределителя сканнера данных, ЗУ сообщений, подсистем центрального процессора и системы лент, что позволяет организовать согласованную работу этих асинхронных устройств.

Память сообщений. Память сообщений представляет собой ЗУ с последовательной выборкой, которое обеспечивает промежуточное хранение всех сообщений, проходящих через систему. Информация хранится на дисковом файле, который состоит из четырех двусторонних вращающихся дисков общей емкостью 60 млн. бит. Память сообщений сохраняет каждое исходящее сообщение до тех пор, пока не будет обеспечена удовлетворительная доставка сообщений по всем адресам; кроме того, память сообщений хранит файл перекрестных ссылок, состоящий из номеров, используемых при поиске ленты, причем эти номера являются функциями номеров сообщений, предназначенных для поиска сообщений в системе лент. Кроме того, память сообщений хранит информацию о различных типах регистров, об очередях, блоках данных, связанных с операционной программой. Данные хранятся на дисках в виде блоков фиксированной длины, причем каждый блок содержит тридцать два 24-разрядных слова, а формат чередования блоков составляет приблизительно 1000 бит. Каждый диск разделяется на 16 секторов. Очередь в памяти вызовов управляющего буфера формируется таким образом, чтобы при каждом обороте диска были бы либо считаны из системы дисков, либо записаны в нее 16 блоков данных. Если период обращения диска составляет 40 мс, то среднее время выборки одного блока данных может быть равно 2,5 мс в том случае, когда ведется обработка большого числа блоков. Две дублированные системы дисков обеспечивают хранение 120 млн. бит информации при возможности обработки информации порядка 38 400 символов в секунду.

Система лент. Система лент может содержать на каждом центре коммутации до 16 ленточных устройств

с двумя устройствами управления лентами. Каждое такое устройство переводит инструкции, записанные на лентах и принимаемые из буферного управляющего устройства, в детализированные логические последовательности, которые необходимы для выполнения операций на лентах. Кроме того, устройство управления лентами собирает, разъединяет и обеспечивает буферизацию данных, передаваемых на ленточное устройство и от него. Устройства управления лентами, которые действуют согласованно, работают с любым ленточным устройством как при обработке журнального и постоянного файла, так и при выполнении поиска сообщений.

Центральный процессор. При построении центрального процессора системы были использованы все блоки управления стандартной системы № 1 ESS: центральное устройство управления, ЗУ вызовов, ЗУ программ, отдельные схемы управления, а также блок эксплуатации. В системе № 1 ESS ADF ЗУ вызовов было построено на ферритовых платах, а ЗУ программ — на твисторах с алюминиевыми картами.

Система № 1 ESS ADF обеспечивает большую мощность обработки информации за счет согласованной работы четырех асинхронных подсистем и использования замонтированной логики для реализации повторяющихся операций. Предусмотрена возможность модульного наращивания мощности системы при включении дополнительных высокоскоростных линий передачи или же включении дополнительных соединительных линий, как это может потребоваться в центре коммутации многоцелевого назначения. При этом за счет использования уже имеющегося оборудования № 1 ESS достигается значительная экономия всего оборудования системы.

СЕТЬ ARPA

Сеть ARPA (название которой составлено по первым буквам Управления перспективных исследований Министерства обороны США — Advanced Research Projects Agency of the U.S.Department of Defense) представляет собой частную сеть передачи данных коллективного пользования, в которую включены удаленные друг от друга вычислительные системы, соединяемые между собой с помощью центров коммутации сети. Сеть охватывает территорию США и спроектирована таким образом, что может обслуживать нагрузку от

18 университетских центров (в настоящее время она задействована не полностью). Эта сеть является примером действующей сети с коммутацией пакетов, ее целесообразно изучать с целью возможного применения аналогичных методов коммутации в подобных условиях. Основными элементами сети ARPA являются ЭВМ с коллективным доступом (называемые главными вычислительными машинами — ГВМ[1]) и сопрягающие процессоры сообщений (называемые коротко — СПС[2]).

Каждая ГВМ представляет собой ЭВМ с коллективным доступом, связанную с группой местных терминалов и периферийным оборудованием. Сеть ARPA строилась на базе СПС, расположенных в непосредственной близости от ГВМ, с которой они были связаны. Между собой СПС были соединены скоростными линиями связи со скоростью передачи до 50 кбит/с и осуществляли обмен информацией в виде пакетов переменной длины, причем максимальная длина составляла 1024 бит. ГВМ была связана с СПС короткой высокоскоростной линией связи, скорость передачи по которой достигала 1 Мбит/с. ГВМ могла передавать в СПС полное сообщение, включающее максимум 8000 бит. При этом каждое последующее сообщение могло быть затребовано лишь после того, как будут получены соответствующие подтверждения. Структура сети ARPA показана на рис. 12.4.

Назначение сети ARPA состоит в том, чтобы обеспечить коллективный доступ ко всем файлам и программам всех ГВМ, включенных в сеть. При этом обращение к файлам и программам происходит по специальному сигналу, который может быть передан с любого терминала, включенного в сеть. Этот сигнал соответствует обращению к специальной программе управления, которая и обеспечивает доступ к ГВМ. В первых установках терминалов доступ к сети был возможен только через главную ЭВМ с коллективным доступом. В последующем были введены узловые ЭВМ в виде сопрягающих процессоров сообщений, которые расширили условия включения в сеть удаленных терминалов, а именно было предусмотрено подключение тер-

---

[1] ГВМ — русский эквивалент английского термина «HOST». *(Примеч.. перевод.)*

[2] СПС — русский эквивалент английского термина «IMP» — Interface Message Processor. *(Примеч. перевод.)*

миналов через модемы к арендованным линиям связи, а также к телефонной сети общего пользования.

Несмотря на то что сеть ARPA покрывает большую территорию США, тем не менее она обслуживает относительно малое число терминалов, и объем обрабатываемых ею сообщений оказывается небольшим по сравнению с требованиями национальной сети. Хотя для удовлетворения потребностей коммерческой националь-

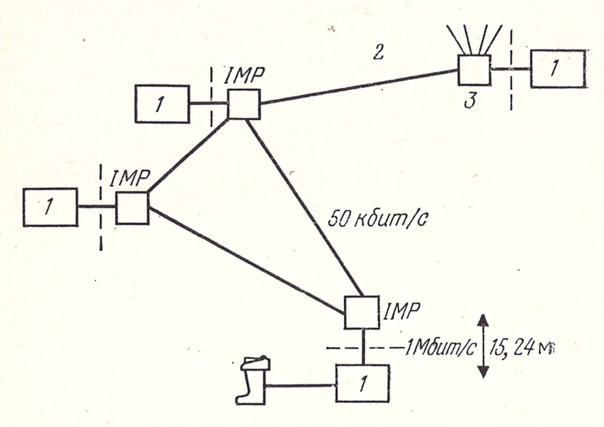


Рис. 12.4. Структура сети ARPA:

1 — HOST; 2 — вплоть до 64 удаленных терминалов; 3 — терминальный IMP

ной сети число соединительных линий и объем нагрузки, обрабатываемой на СПС, следовало бы увеличить в 100 и даже в 1000 раз, все же сеть ARPA демонстрирует практическую целесообразность объединения в единую сеть различных типов вычислительных систем коллективного пользования и организации связи между ними на базе коммутации пакетов.

Системы коммутации сообщений с промежуточным хранением информации также находят место в США, особенно в частных установках передачи данных, число которых непрерывно растет. Однако ни в одной стране они еще не стали частью действующей национальной сети связи.

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Две независимые компании в США — Компания передачи данных [Data Transmission Company (Datran)] и

Компания микроволновой связи [Microwave Communications, Inc. (MCI)] — решили организовать сеть передачи данных за пределами сетей связи, финансируемых компанией «Белл Систем». Обе компании в разработанных ими системах передачи будут использовать принцип временно́го уплотнения, а «Датран», кроме того, указала, что будет применять и временну́ю коммутацию. Компания «Датран» планирует использовать коммутацию на двух уровнях сети — на районных и региональных станциях. Абоненты соединяются с ближайшей районной станцией через оборудование уплотнения, а региональная станция осуществляет управление сетью путем распределения межстанционных соединительных линий. Первоначально общую нагрузку всех 35 обслуживаемых деловых центров будет обрабатывать только один центр коммутации. Однако на следующем этапе разработки функции коммутации будут переданы десяти районным станциям и одной региональной станции. И, наконец, если сеть будет расширена для обслуживания 50 деловых центров, то каждый деловой центр будет иметь свой собственный центр коммутации, а каждый из пяти региональных коммутационных центров будет обслуживать нагрузку, поступающую от десяти районных центров коммутации.

«Датран» планирует извлечь выгоду из высокого быстродействия электронных элементов, используемых в системах временно́й коммутации, а также из их компактности; при этом предполагается разместить на сети небольшие коммутационные устройства, которые будут выполнять роль концентраторов. Предполагается, что управление каждой станцией будет вести ЭВМ, а передача информации будет осуществляться преимущественно по микроволновым линиям связи.

СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ ТЕЛЕКС

Рост услуг, предоставляемых службой Телекс, шел параллельно росту телефонных услуг и даже опередил его. Служба Телекс организована в настоящее время более чем в 130 странах и насчитывает свыше 350 000 абонентов. Эта служба стала дополнением к национальным сетям связи и потребовала разработки планов маршрутизации. Коммутационное оборудование, используемое в системах Телекс, является в основном электромеханическим; оно аналогично оборудованию, ис-

пользуемому в телефонных системах. Однако информация в системах Телекс представляется в цифровом виде, и это приводит к необходимости применения методов электронной коммутации. Поэтому все в большей степени получают применение станции Телекс, которые имеют управление на базе ЭВМ, а также те, которые наряду с другими системами передачи данных составляют часть любой национальной сети.

Однако система Телекс — это весьма низкоскоростная система передачи данных, работающая со скоростью 66 слов/мин (50 бит/с) и использующая код Бодо. Она предоставляет абоненту возможность с любого телетайпа системы послать вызов в другое аналогичное устройство системы в этой же стране; кроме того, эта система позволяет организовать международную связь без изменения кода сообщения и скорости передачи.

СИСТЕМА EDS ФИРМЫ «СИМЕНС»

Удачным примером разработок в области систем коммутации, предназначенных для службы Телекс и призванных удовлетворить требованиям более высокой скорости передачи данных, является система EDS фирмы «Сименс». Исследование методов коммутации временных каналов с параллельным и последовательным способами передачи информации по каналу привело к решению применить различные способы соединений каналов, характеризующихся различными скоростями передачи информации по ним. В случае низкоскоростных линий службы Телекс и среднескоростных линий передачи данных обслуживание их осуществляется коммутационными группами, которые работают на принципе последовательной по битам передачи и адресно-кодового уплотнения. Высокоскоростные каналы данных и синхронные системы передачи данных обслуживаются коммутационными группами, которые обеспечивают коммутацию групп битов в параллельной форме. Другая возможность, которая рассматривалась при разработке системы, состояла во введении коммутационных групп, выполняющих коммутацию разделенных в пространстве сообщений, с установлением при этом сквозного соединения передачи аналоговых сигналов или сигналов с очень большой скоростью передачи данных по битам.

Тот факт, что в настоящее время существует множество скоростей передачи данных, которые необходимо эффективно согласовывать, привел к выбору модульного построения системы EDS, структура которой показа-

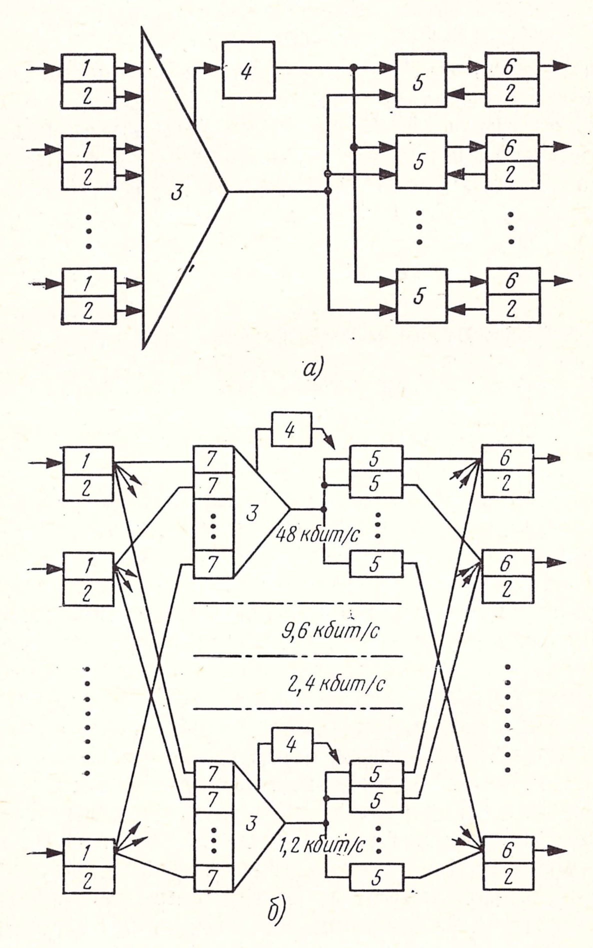


Рис. 12.5. Коммутационное устройство системы EDS (IEEE — ISS Records), используемое для: *а* — синхронных сетей передачи данных; *б* — параллельной обработки сообщений;

1 — преобразователь последовательного кода в параллельный; *2* — счетчик; *3* — мультиплексор; *4* — память адресов; *5* — временно́й коммутатор; *6* — преобразователь параллельного кода в последовательный; *7* — буфер

на на рис. 12.5. Необходимость обеспечения обработки, с одной стороны, высокоскоростных каналов данных, находящих применение в синхронных сетях, и, с другой стороны, низкоскоростных каналов данных (таких, как каналы Телекс) привела к введению новых видов устройств. К ним относятся такие устройства, как: коммутационные группы, использующие для уменьшения нагрузки, создаваемой данными на основное устройство памяти, выделенную биполярную электронную память; коммутационные группы, осуществляющие параллельную коммутацию битовых групп для синхронных сетей с временны́м уплотнением, а также группы, работающие на принципе пространственного разделения каналов.

13 Автоматические учрежденческие телефонные станции частного пользования

В США свыше 10 миллионов линий обслуживается частными учрежденческими телефонными станциями (УТС) и службой Телекс. По сравнению с 60 миллионами местных линий это число относительно небольшое, однако по линиям, обслуживаемым УТС и Телекс, поступает около 60% местной и междугородной нагрузки. Чтобы в полной мере оценить то значение, которое имеют УТС, необходимо учесть, что примерно 40% всех межстанционных линий связи составляют линии связи между УТС, и именно они позволяют при обслуживании вызовов внутренней связи не загружать телефонную сеть общего пользования. По произведенным оценкам емкость 85% УТС составляет не более 100 абонентов. Однако в некоторых крупных компаниях имеется по нескольку тысяч абонентов, которые обслуживаются учрежденческими телефонными станциями. В таких случаях емкость большей части станций будет превышать 500 номеров. Хотя сокращение «УТС» используется для обозначения как ручных, так и автоматических учрежденческих телефонных станций частного пользования, все же автоматические учрежденческие станции обычно называют УАТС.

Существуют три типа коммутационного оборудования, используемого на частных телефонных станциях: учрежденческие телефонные станции (УТС), внутрирайонные автоматические телефонные станции (ВАТС), коммутаторные телефонные системы (Key telephone systems). Отличие оборудования внутрирайонных АТС от оборудования УТС состоит лишь в том, что ВАТС является необслуживаемой и работает без оператора. В то же время УТС, а также и УАТС пользуются услугами оператора, по крайней мере, для обслуживания внешних вызовов. Основное различие между системами УТС и коммутаторными телефонными системами состоит в степени замыкания внутренней нагрузки: первые характеризуются тем, что отношение внутренней нагрузки к внешней достаточно велико, а вторые системы — тем, что отношение внутренней нагрузки к внешней мало. В УТС коммутаторного типа, используемых в крупных компаниях, стоимость единицы сообщения и плата за междугородные разговоры могут достигать 50% стоимости оборудования. При малой нагрузке обслуживание абонентов может производиться с использованием коммутаторного оборудования, однако при большой нагрузке требуется использование оборудования УТС (УАТС), при этом коммутаторное оборудование играет лишь вспомогательную роль.

ФУНКЦИИ УТС

По своим функциям учрежденческая телефонная связь относится к более высокому классу обслуживания, чем обычная телефонная или селекторная связь, поскольку при учрежденческой телефонной связи должны обеспечиваться внешние соединения с телефонной сетью общего пользования, а также все внутренние соединения абонентов УТС. Линии, которые связывают УТС с телефонной сетью общего пользования, на стороне УТС называются соединительными линиями, а на стороне центральной телефонной станции, куда они включены, — индивидуальными абонентскими линиями. Число соединительных линий от УТС обычно составляет от 1/10 до 1/4 от общего числа абонентских установок, обслуживаемых данной УТС; это число может значительно меняться из-за введения WATS линий, линий связи между УТС и т. д.

Несмотря на то что большинство УТС являются автоматическими, многие функции на них выполняются операторами. К таким функциям относятся: ответ внешним абонентам, посылающим вызов абоненту, включенному в УТС; обслуживание индивидуальных вызовов от одного абонента к другому, коллективных и специальных вызовов; опознавание вызываемых абонентов, не являющихся абонентами данной УТС; переадресация вызовов; предоставление абонентам УТС возможности посылки внешних или междугородных вызовов; установление соединений при конференц-связи; ведение записей по учету стоимости переговоров и учету нагрузки. Однако часто оператор участвует в выполнении этих функций лишь в особых случаях, и бо́льшую часть времени они выполняются автоматически. На многих современных УАТС нагрузка оператора снижена до такой степени, что он становится всего лишь секретарем, занятым неполный рабочий день.

Кроме автоматического установления соединений при внутренней связи и обслуживания входящих и исходящих вызовов, современная УАТС может предоставлять абонентам и другие услуги:

1) постановка вызовов на ожидание к труднодоступному абоненту. Эта услуга предусматривает сохранение входящих вызовов, направленных к занятому разговором абоненту УАТС, до тех пор, пока абонент не освободится;

2) справочный вызов (вызов третьего абонента во время разговора). Эта услуга позволяет абоненту УТС, ведущему переговоры по линии связи с внешней телефонной станцией, переключиться на другого абонента УТС, не разрушая внешнего соединения, и после переговоров с абонентом УАТС вновь возвратиться к прерванному разговору с внешним абонентом, предварительно набрав определенный код (цифру);

3) экстренный вызов. Эта услуга предполагает, что все вызовы, идущие с центральной станции, будут приняты определенными заранее известными абонентами. При этом со стороны этих абонентов допускаются повторные вызовы и внесение изменений в уже установленные соединения;

4) пересчет номеров. Эта услуга позволяет произвольно изменять номера абонентов УАТС при изменении местоположения их абонентских линий на стативах

коммутационного оборудования станции путем введения специального пересчетного оборудования;

5) ограничение внешней связи. Эта услуга предполагает введение определенных ограничений для абонентов УТС на право пользования внешней связью путем сокращения прямого доступа к соединительным линиям, ведущим к центральной станции;

6) конференц-связь (групповое соединение). Эта услуга предполагает подключение другого абонента УАТС к уже установленному входящему со стороны станции соединению;

7) временный перевод входящих вызовов на другой номер. Эта услуга предусматривает передачу входящего вызова другому абоненту УАТС в случае, когда вызываемый абонент занят разговором;

8) связь абонентов различных УАТС по межстанционным соединительным линиям. Эта услуга предполагает возможность осуществления соединений телефонных аппаратов абонентов различных УАТС по линиям связи между УАТС автоматически, без помощи оператора, путем набора определенного кода (цифры);

9) регистрация исходящих вызовов. Эта услуга предполагает ведение учета числа исходящих вызовов, посылаемых с телефонного аппарата абонента УАТС;

10) принудительное разъединение ранее установленных соединений и преимущественное право на установление нового соединения. Эта услуга предполагает следующее. Если какой-либо из «избранных» абонентов УАТС (например, какое-либо должностное лицо) решил вызвать по телефону другого абонента УАТС (например, служащего конторы), а тот в это время занят разговором по телефону с другим абонентом УАТС, то «избранный» абонент, получив сигнал «Занято», может дать принудительный отбой и разрушить установленное соединение этих абонентов. При этом перед разрушением соединения система посылает заинтересованным в соединении абонентам сигнал предупреждения. Послав сигнал «принудительного отбоя», «избранный» абонент набирает соответствующий код, вновь обращается к системе и устанавливает желаемое соединение;

11) автоматическое повторение вызовов к занятым абонентам. Эта услуга позволяет абоненту, производящему вызов, при получении сигнала занятости набрать одноразрядный код и повесить трубку. При незанятости вызываемого абонента вызываемый и вызывающий або-

ненты получают соответствующие сигналы и соединение устанавливается сразу;

12) сокращенный набор номера. Эта услуга дает возможность вызывающему абоненту УАТС осуществлять вызов внешнего абонента путем набора лишь двух-трех цифр номера.

СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В УАТС

Методы построения систем коммутации центральных телефонных станций были использованы и при проектировании УАТС, что нашло свое отражение в существующих системах УАТС. Первоначально среди УАТС преобладали станции шагового типа и системы ротари (машинные), но за последнее десятилетие получили широкое распространение координатные системы. Параллельно с разработками методов электронной коммутации применительно к системам центральных телефонных станций проводились разработки методов электронной коммутации применительно к УАТС. Конечно, определяющим фактором при проведении этих исследований была стоимость, поэтому лишь недавно на международном рынке появился ряд станций такого типа. Это были системы с пространственным разделением каналов, использующие язычковые реле и электрические элементы в качестве точек коммутации, и системы с временным разделением каналов, использующие методы временной коммутации. Все современные разработки УАТС предполагают применение общего управления, а несколько самых последних разработок УАТС вообще предполагают введение управления на базе записанной программы с использованием процессоров ЭВМ.

УАТС ФИРМЫ «БЕЛЛ СИСТЕМ»

Некоторые учрежденческие станции, разработанные фирмой «Белл Систем» и изготовленные Западной электрической компанией, являются довольно типичными для УАТС. Ниже приводятся данные четырех типов УАТС, использующих координатное оборудование в системах коммутации и реле в цепях общего управления.

Марка станции	Максимальное число абонентских линий УАТС
558A	40
756A	60
757A	200
770A	400

Другим типом УАТС, введенных в эксплуатацию фирмой «Белл Систем», являются станции серии 800, в которых применена пространственная коммутация каналов, реализация коммутационной системы на ферридах и общее электронное управление на основе замонтированной логики. Исключением является лишь станция 805А, в которой коммутационная система построена на МКС, а общее электронное управление — на базе замонтированной логики. Типы этих станций приведены ниже.

Марка станции	Максимальное число абонентских линий УАТС
805А	57
800А	80
801А (большая нагрузка)	180
801А (средняя нагрузка)	270
801А (малая нагрузка)	270

Третий тип станций фирмы «Белл Систем» — станции типа 101 ESS, в которых применена временна́я коммутация каналов и управление по записанной программе. Используя семейство коммутационных блоков, можно строить станции на разную емкость.

Марка станции	Максимальное число абонентских линий УАТС
№ 101 (коммутатор 2А)	364
№ 101 (коммутатор 3А)	820
№ 101 (коммутатор 4А)	4000

Хотя некоторые крупные УАТС и являются системами централизованного обслуживания, т. е. системами Центрекс, где в качестве основного оборудования используются системы № 5 Кроссбар или № 1 ESS, тем не менее при обслуживании большого числа абонентов все еще находят применение и шаговые УАТС. К таким УАТС относятся станции марки 701В «Белл Систем» и станция типа 311 Автоматической электрической компании (Automatic Electric).

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЧАСТНЫХ УАТС

До 1968 г. телефонные компании США защищались от конкуренции путем введения своих тарифов и выдвижения особого условия, состоящего в том, что на сети можно использовать только оборудование данной телефонной компании. Однако в июне 1968 г. AT&T распорядилась через FCC пересмотреть тарифы на телефонные переговоры в разных штатах США с тем, чтобы сделать возможным использование устройства взаимосвязи, называемого картерфоном (переносчиком зву-

ка), которое акустически связывало бы частные подвижные радиосистемы с сетью связи.

При пересмотре тарифов был смягчен запрет на взаимные соединения различных видов частного оборудования с целью введения электрически совместимого оборудования и выработаны три главных условия для осуществления этих соединений.

1. Оконечное оборудование пользователя не должно: представлять опасности для служащих телефонных компаний или же для служащих телефонной сети общего пользования; наносить ущерб или вызывать изменения в оборудовании или других установках телефонной компании; мешать выполнению соответствующих функций такого оборудования или же его отдельных устройств; нарушать действие системы связи или наносить вред общественности (публике) при пользовании ею услугами телефонной компании.

2. Соединение с сетью связи должно осуществляться через соединительные устройства, предоставляемые компанией и эксплуатируемые ею; обмен сигналами управления с сетью связи должен проходить через оборудование телефонной компании.

3. Оборудование пользователя должно удовлетворять требованиям безопасности, ограничивающим мощность и частоту сигналов, поступающих в сеть связи.

После решения вопроса о применении картерфона были проведены исследования, которые показали, что сразу же имел место значительный сбыт абонентского оборудования и оборудования, сдаваемого в аренду фирмой «Белл Систем» или другими независимыми телефонными компаниями. Как показали проведенные исследования, оборудование УАТС явилось основным оборудованием, имеющим большой потенциал по сбыту в будущем. Это привело к возрастанию интереса к оборудованию УАТС. Обзор систем учрежденческой связи, выполненный в 1973 г., показал, что имеется 111 типов УАТС, которые выпускаются 22 фирмами.

ТИПОВЫЕ СИСТЕМЫ УАТС

Среди существующих систем УАТС господствующее положение заняли координатные системы. В нескольких типах УАТС используются также язычковые реле и общее электронное управление. Другие типы систем, которые привлекли наибольшее внимание, используют ли-

бо электронные элементы в системах пространственной коммутации, либо временну́ю коммутацию каналов, по которым передаются разделенные во времени сигналы, формируемые на основе аналоговых сообщений. Кроме того, появились станции, в которых сочетается один из указанных способов коммутации с управлением по записанной программе. Использование систем пространственной коммутации с электронной реализацией точки коммутации или же использование систем с временно́й коммутацией представляет интерес, главным образом, для тех, кто предполагает передавать через систему УАТС данные, поскольку именно эти системы могут обеспечить более высокую скорость коммутации. В системе УАТС с электронными точками коммутации и управлением по записанной программе интересным является применение устройства IBM типа 2750 и его более совершенной модели — устройства типа 3750. Оба эти устройства относятся к системам коммутации данных и речи. Недавно компания «Филко — Форд» ввела в эксплуатацию аналогичную систему коммутации марки PC512. Несмотря на то что станции фирмы «Филко — Форд» имеют меньшую емкость, чем станции фирмы IBM, тем не менее именно станции этой фирмы получили распространение в США; станции фирмы IBM нашли рынок сбыта в европейских странах.

Получают распространение и некоторые УАТС с временны́м делением каналов либо с использованием управления по записанной программе, либо без него. Наиболее значительной среди них является № 101 ESS с управлением по записанной программе, разработанная фирмой «Белл Систем». Поскольку в США находят сбыт много типов УАТС, то для того чтобы их описать, потребовалась бы целая книга. Поэтому в дальнейшем будут рассмотрены лишь один или два типа станций из каждой категории.

ЯПОНСКАЯ КООРДИНАТНАЯ СТАНЦИЯ CP-20

Станция CP-20 является УАТС координатного типа, которая была введена в эксплуатацию в Японии в 1968 г. Это типичная координатная УАТС, имеющая общее управление, батарейное питание, индукторный вызов и допускающая набор номера с помощью дискового номеронабирателя. Она предназначена для обслуживания от 70 до 500 абонентских линий и пригодна для учреждений и предприятий среднего размера. Схема станции для случая использования шнурового и бесшнурового коммутатора соответственно показана на рис. 13.1*а*, *б*. Если дежурный коммутатор — шнурового типа, то входящие

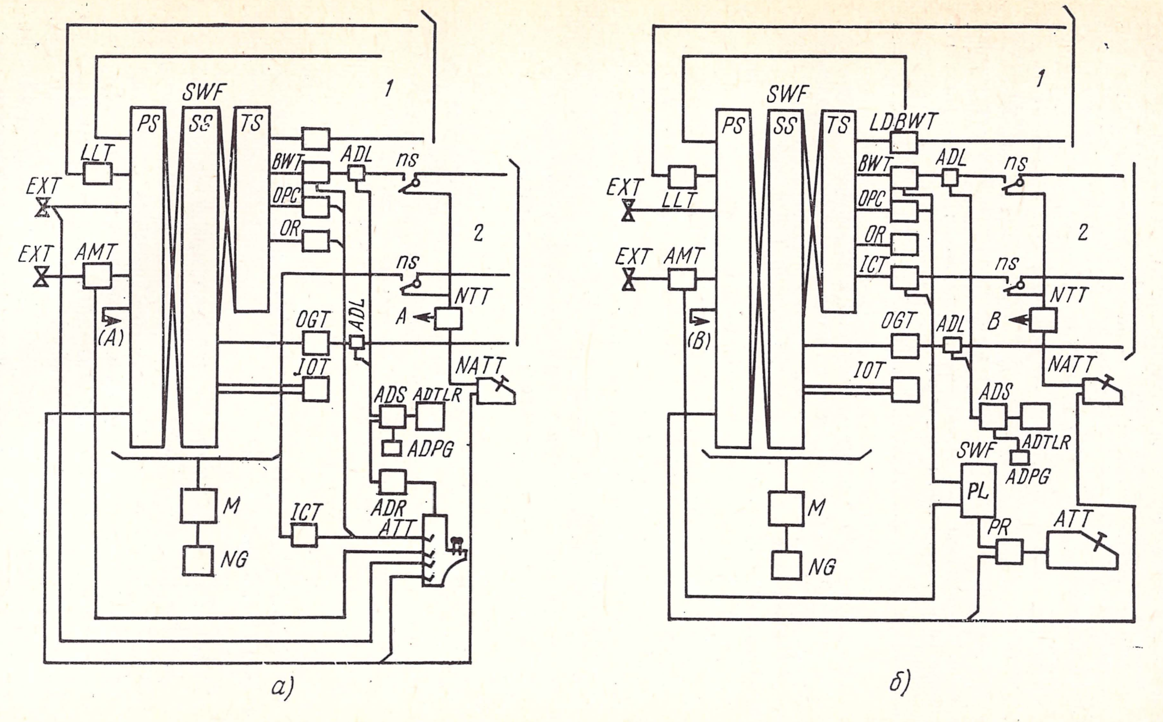


Рис. 13.1. Структурная схема японской УАТС СР-20 (Nippon Telegraph and Telephone Public Corp.) (экспликацию см. на стр. 286):

1 — линия связи от УТС; *2* — линия связи от центральной телефонной станции; ADL — линия передатчика сокращенного набора номера; ADRG — генератор импульсов сокращенного набора номера; ADR — регистр импульсов сокращенного набора номера; ADS—передатчик сокращенного набора номера; ADTLR— транслятор (пересчетное устройство) сокращенного набора номера; AMT — полуавтоматическая соединительная линия; ATT — пульт дежурного; BWT — двусторонние соединительные линии; EXT — аппараты абонентов УТС; ICT — входящая соединительная линия от центральной станции; TOT — внутристанционная соединительная линия; LDBWT — LD двусторонняя соединительная линия; LLT — соединительная линия удаленных абонентов УТС; *M* — маркер; NATT — пульт дежурного для обслуживания ночных вызовов; *ns* — контакты включения реле ночных вызовов; NG — пересчетчик; NTT — комплект соединительной линии, используемой для ночных вызовов; OGT — исходящая соединительная линия к центральной телефонной станции; OPCT — комплект соединительной линии, по которой происходит вызов оператора; OR — исходящий регистр; PL — звено коммутации регистров; PR — позиционный регистр; PS — первое звено коммутации; SS — второе звено коммутации; SWF — панель переключений; TS — третье звено коммутации

вызовы обслуживаются с помощью шнуровой пары. Если же дежурный коммутатор бесшнурового типа, то входящие вызовы передаются на дежурный коммутатор, далее происходит соединение со щитом переключений, выполняемое оператором. Станция допускает прием адресной информации при скорости набора номера от 10 до 20 имп/с.

Шкаф, в котором размещается станция, состоит из трех щитов, каждый из которых устанавливается по направляющей рейке, что обеспечивает удобство обслуживания. Каждый щит может поворачиваться вокруг своей оси, что удобно для наблюдения за работой станции. Шкаф сборного типа и собирается с помощью болтов и гаек. Масса полностью собранной коммутационной системы составляет примерно 360 фунтов (14,4 кг). Бесшнуровой дежурный коммутатор — это коммутатор кнопочного типа, а шнуровой дежурный коммутатор — это обычная панель переключений. Источник питания состоит из кремниевого выпрямителя постоянного тока и батарейного шкафа.

Запись повреждений осуществляется автоматически; испытания абонентских линий УТС производятся с помощью специальных штепсельных соединений. Индикаторы аварийных сигналов выведены на лицевые панели шкафов и на дежурные коммутаторы, что позволяет сразу же приступить к ремонтным работам. Для учета нагрузки на соединительных линиях и устройствах общего управления предусмотрены счетчики.

ЭЛЕКТРОННАЯ СТАНЦИЯ ФИРМЫ «ФИЛКО—ФОРД» ТИПА PC 512 (EPABX)

Станция PC 512 имеет четырехзвенную коммутационную систему (рис. 13.2). Каждая коммутационная матрица (8×4 или 4×4 точки коммутации) строится на базе управляемых кремниевых выпрямителей (SCP). Это станция с управлением по записанной программе, однако устройства памяти вызовов и процессор с автоматическим переключением используются на ней не полностью. Одно устройство «память — процессор» работает в реальном масштабе времени, а резервное — по-

стоянно корректируется, чтобы обеспечить непрерывность обслуживания. Записанная программа обеспечивает: быстрое изменение списочных номеров абонентов, выдачу справок и временный перевод входящих вызовов на другой номер, поисковую сигнализацию, а также ряд других возможностей, которые требуют лишь

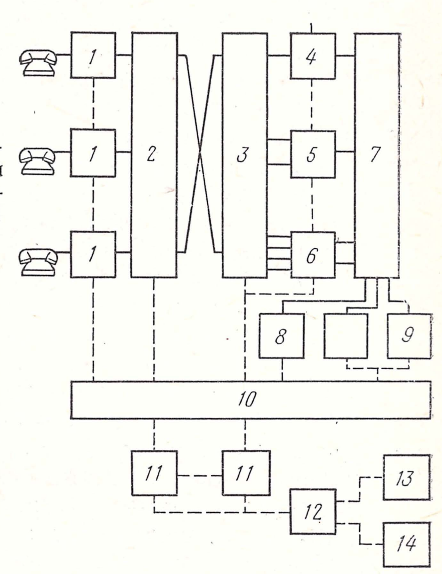


Рис. 13.2. Структурная схема УАТС с УЗП фирмы «Филко — Форд» (Philco-Ford Communications and Technical Services Div.):

1 — абонентский комплект; *2* — двузвенная ступень концентрации; *3* — двузвенная ступень распределения; *4* — комплект соединительной линии; *5* — шнуровой комплект; *6* — комплект конференц-связи; *7* — однозвенная ступень коммутации для предоставления услуг; *8* — пульт дежурного; *9* — регистр для приема тональных сигналов; *10* — устройство ввода — вывода; *11* — процессор и память вызовов; *12* — эксплуатационная панель; *13* — ленточное устройство; *14* — клавишное печатающее устройство

второстепенных изменений в программе. Фирма предлагает 39 видов услуг. Эта станция может обслуживать до 512 линий и обеспечивает затухание переходных разговоров больше чем на 65 дБ в диапазоне частот от 300 до 3200 Гц.

При качестве обслуживания $P=0{,}01$ максимальная нагрузка на одного абонента на станции PC 512 составляет 9 CCS (0,25 Эрл) при емкости станции 256 линий и 6 CCS (0,17 Эрл) при емкости станции 512 линий. Эти значения определены для системы, содержащей все звенья ступеней концентрации и распределения. Емкость системы может быть уменьшена путем использования меньшей по числу входов схемы на ступенях концентрации и распределения или меньшей их загрузки. Таким же образом может быть обеспечено обслуживание нагрузки примерно от 3,2 до 6,0 CCS (от 0,09 до 0,17 Эрл) на линию для станции емкостью 256 линий и от 1,86 до 3,2 CCS на линию (от 0,05 до 0,09 Эрл) для

станции емкостью более 256 линий. Для повышения пропускной способности станции и обеспечения максимального использования линий связи при указанных значениях нагрузки применяются методы распределенного поиска промежуточных линий.

Чтобы обеспечить наиболее эффективное использование имеющихся линий, необходимо нагрузку распределять по возможности равномерно по всем имеющимся промежуточным линиям. Применение одного или даже нескольких методов поиска общих путей, предполагающих случайный или упорядоченный поиск, может не привести к оптимальному решению по использованию линий. Введение на этой станции управления с записанной программой позволяет осуществлять более сложный поиск соединительных путей. Фиксирование в памяти использования оборудования и соединительных путей позволяет достаточно легко проводить сравнительный анализ эффективности использования оборудования в целом. Если в данном коммутаторе отмечается вызов, то для его обслуживания выбирается та группа промежуточных линий, которая имеет наименьшее использование. Это упорядоченное обслуживание вызовов позволяет равномерно распределить нагрузку и обеспечить максимальное число соединительных путей, которое может предоставить коммутационная схема.

По команде с клавиатуры печатающего устройства данные об использовании линий временно запоминаются в памяти. Эти данные через 10-секундные интервалы сканирования считываются и записываются в виде, удобном для записи вручную, с указанием кумулятивной оценки в виде приращения использования линии каждые 15 мин. По желанию период времени для сбора статистики может быть выбран более длительным.

Эксплуатационные тесты ограничиваются обычными тестами соединительных линий и станционными тестами на терминалах EPABX, тестами источников питания, манипуляциями с заменой кассет и работой на клавиатуре печатающего устройства. Обнаружение повреждения осуществляется с помощью нагрузочных тестов и диагностических программ, считывания информации с индикаторов повреждений на печатающее устройство и использования клавишного устройства для передачи простых инструкций. Замена PC панелей переключений осуществляется после отметки, сделанной печатающим устройством, а неисправные панели возвращаются на

завод для последующей замены новыми. Эксплуатационная панель показана на рис. 13.3, где также видна ее связь с блоками системы распределения управляющих функций и блоками обработки информации при обслуживании вызовов на этой станции.

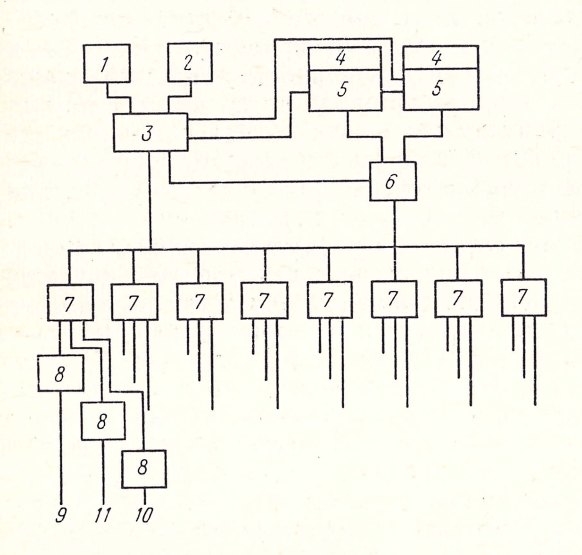


Рис. 13.3. Схема обработки вызовов и распределения функций управления в УАТС типа PC 512:

1 — клавишное печатающее устройство; *2* — кассетное ленточное устройство; *3* — эксплуатационная панель; *4* — память; *5* — процессор вызовов; *6* — переключатель; *7* — распределитель устройства ввода — вывода; *8* — блок управления; *9* — 64 линии; *10* — TLM или услуги MX; *11* — 16 соединительных линий

Административные задачи решаются с помощью клавишного печатающего устройства. Они заключаются в сборе данных об использовании линий, о состоявшихся и несостоявшихся разговорах, во внесении изменений в списочные номера линий на станции и в порядок поиска соединительных линий.

УАТС С ВРЕМЕННОЙ КОММУТАЦИЕЙ СЕВЕРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КОМПАНИИ

В США находится в эксплуатации УАТС емкостью 80 номеров, разработанная Северной электрической компанией в Канаде, которая использует методы вре-

менно́й коммутации. Преимущества этой станции обусловлены методом резонансной передачи, который применяется также на станции № 101 ESS фирмы «Белл Систем». Этот метод позволяет осуществить эффективную передачу энергии импульсов-отсчетов сигнала при дискретизации. В соответствии с этим методом период резонанса передающей и приемной цепи выбирается равным удвоенной длительности импульса отсчета. В течение интервала времени, когда ключ, с помощью которого производится отсчет сигнала, замкнут, вся энергия, сосредоточенная на передающей стороне резонансной цепи, передается на приемную сторону и для предотвращения ее обратной передачи ключ размыкается.

Передача от отдельной уплотненной линии с ИКМ осуществляется по несбалансированной двухпроводной цепи. Разделение времени одного цикла происходит по 25 временны́м интервалам, причем каждый временно́й интервал равен 3,33 мкс. Двадцать четыре последовательных временны́х интервала отводятся для передачи информации о вызовах, а один — для сканирования. При длительности цикла в 83,3 мкс (25×3,33) по одной уплотненной линии можно передавать 24 телефонных разговора одновременно. В 80-линейной системе нагрузка на одну линию может достигать 7,9 CCS (0,22 Эрл), причем 40% всей исходящей нагрузки составляет внутренняя нагрузка. Нагрузка станции при 20 линиях составляет 30 CCS (0,83 Эрл) на одну линию. Примерно половина времени в течение одного временно́го интервала в 3,33 мкс тратится на установление соединения между двумя периферийными цепями (абонентская линия — с абонентской линией, абонентская линия — с соединительной линией, абонентская линия — с дежурной и т. д.). Переходные разговоры между двумя соседними каналами исключаются путем заземления уплотненной линии в период времени, не используемый для передачи по каналу. Высокое качество передачи обеспечивается при скорости отсчетов в 12 кГц и периоде отсчетов 83,3 мкс.

В течение 25-го временно́го интервала каждого цикла центральное управляющее устройство сканирует одну линию и определяет ее состояние: наличие на ней вызова или отбоя. Таким образом, на станции максимальной емкости скорость сканирования абонентских линий равна одному сканированию за 6,5 мс (80×83,3 мкс). Скорость сканирования в самом худшем случае будет

равна одному сканированию примерно за 10 мс, если при этом есть требования на сканирование для всех соединительных и абонентских линий.

Основная единица оборудования — блок емкостью 40 абонентских и 15 соединительных линий. Используя два блока, можно построить станцию на 80 абонентских и 30 соединительных линий. Для предоставления необязательных услуг используется специальная коммутационная панель.

ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ ПРЕДОСТАВЛЕНИЕ УСЛУГ (ЦЕНТРЕКС)

Используя коммутационное оборудование, которое уже установлено на центральных станциях, или же вводя на них новое оборудование, можно практически каждому абоненту в учреждении или же на предприятии предоставить возможность прямого входящего набора (DID) и прямого исходящего набора (DOD). Такое размещение оборудования и соответствующая организация обслуживания получили название централизованного обслуживания учрежденческих абонентов, или Центрекс. Преимущество этой системы состоит в том, что оборудование предоставления услуг централизуется, оно размещается на основной станции и не требует новых помещений или источников питания. При этом значительно сокращаются эксплуатационные расходы и в то же время система в отношении обслуживания абонентов становится более гибкой. Система Центрекс применима, главным образом, для обслуживания больших промышленных или коммерческих предприятий.

Фактически служба Центрекс не требует разработки новой коммутационной системы для использования на центральной станции. Ее можно организовать на базе системы «Кроссбар № 5» или № 1 ESS, вводя лишь некоторые приспособления, как это сделано для некоторых очень больших установок, таких, как установка в Пентагоне, в Вашингтоне. Служба Центрекс получила распространение не только в США, но и в других странах. Например, Японская телефонная и телеграфная корпорация (Nippon Telegraph and Telephone Corporation) установила специально для службы Центрекс свою систему координатного типа С 410 (основанную на системе С 400, которая была описана в гл. 7). На рис.

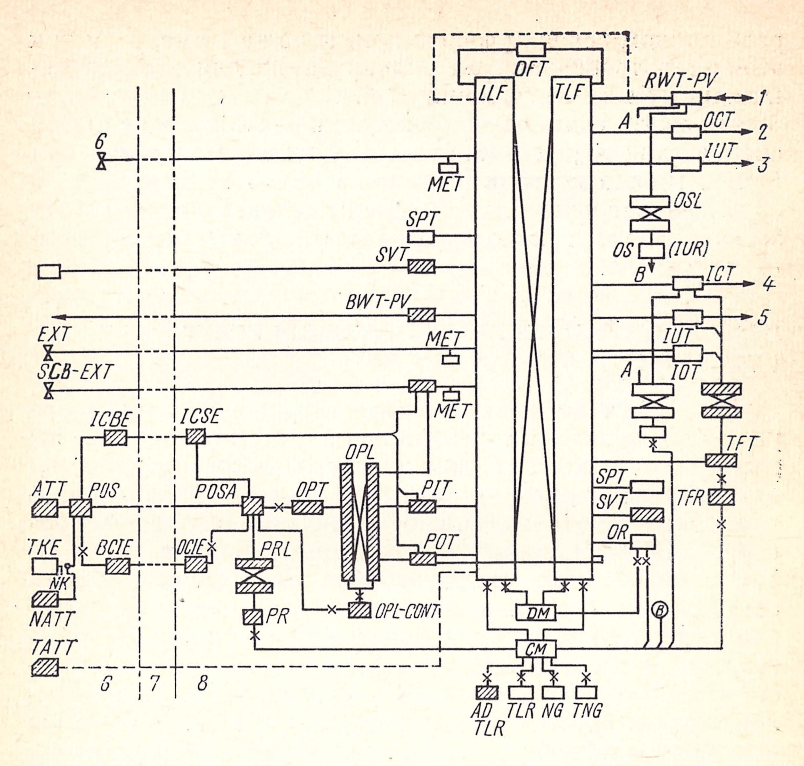


Рис. 13.4. Структурная схема японской станции C410 координатного типа, оборудованной устройствами централизованного предоставления услуг (Centrex) (Nippon Telegraph and Telephone Public, Corp.):

1 — к (от) частной АТС; *2* — к удаленной станции; *3* — к другой станции; *4* — от удаленной станции; *5* — от другой станции; *6* — абонент; *7* — линия; *8* — телефонная станция; ADTLR — транслятор сокращенного набора; АТТ — пульт дежурного; BCIE — оборудование для получения информации о встроенном управлении; BWT—RV — двусторонние соединительные линии для частного пользования; CM — маркер завершения установления соединения; DM — маркер организации выдачи сигнала «Ответ станции» (исходящий маркер); ICT — входящая соединительная линия; ICRE — оборудование для приема входящей информации; ICSE — оборудование для передачи входящей информации; IOT — внутристанционная соединительная линия; IR — входящий регистр; IRL — ступень коммутации входящих регистров; IUR — регистр обслуживания межстанционной связи; IUT — комплект межстанционной соединительной линии; NATT — пульт дежурного оператора для обслуживания ночных вызовов; NG — пересчетчик номеров абонентских линий; OCIE — оборудование для получения управляющей информации станции; OFT — соединительная линия, используемая при перегрузках; OGT — исходящая соединительная линия; OPL — ступень коммутации, используемая оператором; OPLCONT — блок управления ступенью коммутации оператора; OPT — комплект соединительной линии оператора; OR — исходящий регистр; OS — исходящий передатчик; OSL — ступень коммутации исходящих передатчиков; PIT — позиционная входящая соединительная линия; POS — позиционная схема; POSA — дополнительная позиционная схема; POT — позиционная исходящая соединительная линия; PR — позиционный регистр; PRL — ступень коммутации позиционных регистров; SCBT — соединительная линия к специальной общей батарее; SCB—EXT — дополнение к общей станционной батарее; SPT — специальная соединительная линия; SVT — соединительная линия, используемая для предо-

13.4 приведена структурная схема этой системы с указанием в виде зачерненных прямоугольников оборудования, которое необходимо добавить для службы Центрекс. На станции предусматривается установление следующих видов соединений: прямой исходящий набор номера от учрежденческого абонента к внешнему — за пределы станции, прямой входящий набор номера к учрежденческому абоненту, внутреннее соединение между аппаратами учрежденческих абонентов через пульт оператора, исходящее соединение через пульт оператора, передача вызовов дежурному и временный перевод входящих вызовов, направленных к занятому абоненту, на другой номер. Особенности первых двух соединений, обозначаемых DID и DOD, будут описаны ниже.

Прямой исходящий набор (DOD) от учрежденческого абонента за пределы станции. Если пользователь учрежденческой телефонной станции поднимает микротелефонную трубку, то включается в работу маркер организации выдачи сигнала «Ответ станции» (исходящий маркер) (DM), который обслуживает блок абонентских линий (LLF) и подключается к нему через специальную схему (LMC). Маркер DM выбирает свободный исходящий регистр (OR) и соединяет линию вызывающего абонента через блок абонентских линий LLF и блок соединительных линий (TLF) с исходящим регистром OR, как показано на рис. 13.5*а*. После этого из регистра OR в аппарат вызывающего учрежденческого абонента посылается первый (внутренний) зуммер ответа станции — прерывистый сигнал частотой 400 Гц с частотой прерывания 120 раз в минуту. Если вызывающий абонент набирает цифру 0, то сигнал ответа станции переходит в непрерывный зуммерный сигнал. В этой системе имеются два типа исходящих регистров OR: для приема импульсов набора номера с дисковых телефонных аппаратов и для приема набора номера с кнопочных телефонных аппаратов. Регистр OR может принимать и хранить максимум девять цифр, кроме цифры-префикса, вводимой в код номера в соответствии с японской национальной системой нумерации.

Когда вызывающий абонент заканчивает набор номера, OR включает в работу маркер завершения уста-

---

ставления дополнительных услуг; TATT — временный пульт дежурного оператора; TFL — ступень коммутации цепей передачи; TFR — регистр передачи; TFT — комплект соединительной линии, используемой для организации перевода входящих вызовов на другой номер; TLR — транслятор; TNG — пересчетчик номеров соединительных линий; TKE — оборудование звукового кино

новления соединения (CM) и посылает информацию в CM в зависимости от номера вызываемого абонента и т. д. Маркер CM включает в работу свободный транслятор (TLR), который переводит информацию, переданную из CM, в информацию, используемую CM при выборе требуемой исходящей соединительной линии

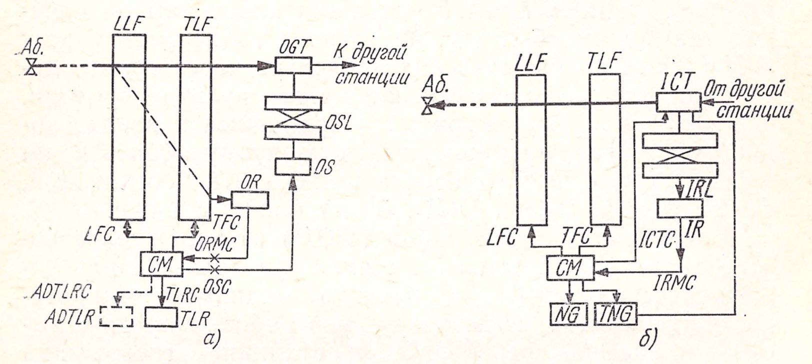


Рис. 13.5. Схемы осуществления соединений при централизованном способе предоставления услуг (Центрекс) и использовании: *а*—прямого входящего набора номера (DID); *б*—прямого исходящего набора номера (DOD) (Nippon Telegraph and Telephone Public Corp.)

(OGT), и в информацию об ограничении некоторых видов соединений, идущих за пределы станции, таких, как исходящие междугородные соединения. Маркер CM выбирает свободный OGT, связанный с соединительной линией, принадлежащей к направлению, указанному TLR. Затем CM устанавливает соединение между аппаратом вызывающего абонента УТС и выбранным OGT через основную коммутационную схему. При выборе OGT маркер CM выбирает одновременно свободный исходящий передатчик (OS) и устанавливает соединение между OS и OGT через ступень коммутации передатчиков (OSL). Исходящий передатчик OS принимает цифры номера, посылаемого из CM. Есть два вида исходящих передатчиков в соответствии с типом сигналов, которые должны быть посланы в пункт назначения: передатчик батарейных импульсов набора и передатчик многочастотных сигналов. Из передатчика OS номер вызываемого абонента поступает в пункт назначения.

Прямой входящий набор (DID) к учрежденческому абоненту. Это вид соединения от абонента другой станции к абоненту УАТС, выполняемый автоматически. Сна-

чала по вызову извне занимаются входящая соединительная линия и соответствующий линейный комплект УСТ, затем ICT через ступень коммутации входящих регистров IRL выбирает либо свободный входящий регистр приема батарейных импульсов набора номера (DPIR), либо свободный входящий регистр многочастотного сигнала MFIR в зависимости от типа сигнала, применяемого для передачи информации набора номера по входящей соединительной линии (рис. 13.5б). После приема номера вызываемого абонента УТС (DID номера), передаваемого со стороны вызывающей станции, входящий регистр IR занимает свободный маркер CM, в который IR передает информацию о номере вызываемого абонента. Затем маркер завершения установления соединения CM подключается к пересчетчику номеров соединительных линий (TNG) и получает информацию о местоположении комплекта ICT в блоке соединительных линий TLF и о виде обслуживания поступившего вызова. Затем CM занимает пересчетчик номеров абонентских линий NG и определяет местоположение линии вызываемого учрежденческого абонента в блоке абонентских линий LLF. Если принят номер группы искания, то в NG продолжается операция искания. При подготовке к возможному переводу вызова на другой номер номер вызываемого абонента передается из CM в ICT и там запоминается. Маркер CM заканчивает свою работу, устанавливая соединительный путь между ICT и аппаратом вызываемого учрежденческого абонента.

Термины и определения

Абонентское устройство (subset)

Телефонный аппарат абонента.

Алгебра переключения (switching algebra)

Применение булевой алгебры к анализу переключательных схем, впервые[1] предложенному Клодом Шенноном в Bell Telephone Laboratories.

Амплитудно-импульсная модуляция (pulse-amplitude modulation) (PAM)

Вид импульсной модуляции, при которой амплитуды импульсов, передаваемых по каналам, разделенным во времени, изменяются в соответствии со значениями уровней аналоговых сигналов.

Аналоговая передача (analog transmission)

Передача непрерывно изменяющихся сигналов (в отличие от дискретно изменяющихся сигналов). До применения цифрового кодирования и появления ИКМ это был единственный способ передачи разговорных сигналов по каналам связи.

Аппаратура сопряжения (interface)

Аппаратура, необходимая для осуществления взаимного соединения двух видов оборудования, выполняющего различные функции. При ее построении учитываются тип и форма сигналов, которыми обмениваются эти два вида оборудования.

Асинхронная система (asynchronous system)

Система, в которой каждый информационный символ при передаче его по каналу синхронизируется раздельно путем введения элементов начала и конца передачи (стартовых и стоповых сигналов).

---

[1] Возможность применения алгебры-логики к анализу переключательных схем была установлена примерно в одно и то же время советским физиком В. И. Шестаковым (1935 г.), японским ученым А. Накашима (1936—1938 гг.) и американским инженером К. Э. Шенноном (1938 г.). *(Примеч. перевод.)*

Байт (byte)

Единица информации, используемая в вычислительных системах. Она равна восьми информационным битам. Байт используют также для наименования кодовой комбинации двоичнокодированного десятичного кода EBCDIC[1].

Бит (bit)

Наименьшая единица информации в двоичной системе. Слово «бит» — это сокращение английского выражения binary digit.

Блок (сетка) (grid)

Многозвенная коммутационная схема, применяемая вместо коммутаторов при итерационном построении системы коммутации.

Блокировка (перегрузка)[2] [blocking (congestion)]

Состояние коммутационной системы, когда непосредственное установление нового соединения оказывается невозможным из-за отсутствия доступных соединительных путей, или же такое состояние системы, когда не удается установить соединение вследствие того, что некоторые промежуточные линии, которые можно было бы использовать для установления соединительного пути между данным входом и выходом системы, уже заняты для обслуживания других соединений.

Блуждание (wander)

Нарушение синхронизации в ИКМ системе, характеризующееся большой постоянной времени.

Булева алгебра (Boolean algebra)

Вид неколичественной алгебры, используемой для операций с логическими функциями; впервые предложена английским математиком Джорджем Булем (1815—1864 гг.).

Вероятность ожидания (probability of delay)

Вероятность того, что вызов, поступивший в систему, не будет сразу обслужен.

---

[1] EBCDIC — сокращенное название кода, используемого при обмене информацией в вычислительных машинах системы IBM-360, характеризующихся байтовой структурой представления данных. EBCDIC — это Expanded Decimal Interchange Code. *(Примеч. перевод.)*

[2] Автор объединил в одном понятии два разных понятия: блокировки и перегрузки, причем в последнее он включил состояние занятости всех линий какого-либо направления. В нашей литературе обычно эти понятия используются порознь. *(Примеч. перевод.)*

Вероятность потери вызова (вероятность потерь) [probability of lost calls (probability of loss)]

Вероятность того, что вызов, поступивший в систему, будет потерян.

Время занятия (holding time)

Общая длительность одного занятия канала связи. Установление соединения, разговор и т. д. — все это определяет разновидности времени занятия.

Временна́я коммутация (time-division switching)

Такой вид коммутации, при которой разговорные каналы, разделенные во времени, коммутируются путем изменения их временны́х позиций, а не установлением отдельных физических соединений, как это имеет место при пространственной коммутации каналов. В системах временно́й коммутации цифровые данные не претерпевают никаких изменений и преобразований.

Время ожидания (средняя задержка) [waiting time (average delay)]

Отношение суммарного времени ожидания всех вызовов к общему числу поступивших вызовов, включая и те вызовы, которые не ожидали начала обслуживания. Оно равно произведению среднего времени ожидания задержанных вызовов на вероятность ожидания.

Выбирающая рейка (select bar)

Горизонтальные или вертикальные рейки, снабженные выбирающими пальцами, положением которых в соединителе Кроссбар управляют с помощью электромагнитов таким образом, что обеспечивается замыкание контактов соответствующих точек коммутации.

Группа (супергруппа) [group (supergroup)]

При использовании временно́го разделения каналов группа может состоять из нескольких каналов, объединяемых в одну уплотненную линию, — как, например, в системе из 24 разговорных каналов. Аналогично определяется и супергруппа как комбинация групп.

Джиттер (jitter)

Изменения фазы сигнала с очень малой постоянной времени, влияющие на расхождение двух номинально синхронных источников синхронизирующих сигналов.

Диаграмма Венна (Venn diagram)

Графический способ представления булевых логических функций.

Директор (director)

Блок устройства управления, который выполняет некоторые функции общего управления на шаговых стан-

циях или станциях, построенных на искателях типа Строуджер.

Дискретизация сигнала во времени (time sampling)

Операция, применяемая при импульсной модуляции, при которой формируется последовательность коротких импульсов тока или напряжения, амплитуда которых соответствует характеристическим значениям амплитуды исходного сигнала.

Доступ (ность)[1] (access)

Возможность установления соединения в коммутационной системе от данного входа к группе выходов при отсутствии нагрузки на систему. Система обладает полным доступом (является полнодоступной), если она может обеспечить соединение данного входа с любым выходом. Система обладает многократным доступом, если она может обеспечить соединение данного входа с любым выходом по нескольким соединительным путям. Система обладает частичным доступом, если она может обеспечить соединение входа только с частью выходов системы.

Доступность[1] (accessibility) (availability)

Число соединительных линий в заданном направлении, к которым может быть подключен вход коммутационной схемы.

EMD искатель (EMD switch)

Прибор коммутации разговорных цепей, используемый в системах коммутации фирмы «Сименс». EMD — это сокращение названия моторного искателя с круговым движением щеток, контакты которого выполнены из благородных металлов (Edelmetall-Motor-Drehwahler).

Занятость (occupancy)

Среднее значение доли времени, когда заняты обслуживающие устройства.

Звено коммутации (switching stage)

Группа коммутационных приборов, выполняющих в коммутационной системе одинаковые (параллельные) функции. Звено коммутации строится из коммутационных блоков.

Звеньевая система (link system)

Система, в которой: 1) имеется, по крайней мере,

---

[1] В нашей литературе обычно используется одно понятие — доступность, которое по смыслу охватывает приведенные автором понятия «доступа» и «доступности». *(Примеч. перевод.)*

два звена коммутации; 2) соединение осуществляется через одну или более промежуточных линий; 3) все промежуточные линии выбираются в результате выполнения одной и той же логической операции; 4) промежуточная линия занимается в том случае, когда она может быть использована для установления данного соединения.

Запоминающее устройство (ЗУ) вызовов (call store)

Часть ЗУ коммутационной системы с управлением по записанной программе, в которой осуществляется временное хранение информации, используемой в процессе установления соединения на станции. Его также называют ЗУ процессов.

Запоминающее устройство (ЗУ) программ (program store)

Часть ЗУ коммутационной системы с управлением по записанной программе, в котором хранятся инструкции и трансляции. Эти инструкции передаются в центральный процессор, с помощью которого и осуществляется управление системой по записанной программе.

Импульсно-кодовая модуляция (pulse-code modulation) (PCM)

Вид импульсной модуляции, при которой каждый импульс АИМ заменяется некоторой группой двоичных импульсов, отображающих амплитуду импульса АИМ и передаваемых по каналу с временны́м разделением.

Импульс набора номера (dial pulse)

Импульс сигнализации, который формируется при прерывании цепи постоянного тока, включающей линию и аппарат вызывающего абонента. Прерывание токовой цепи обеспечивается размыканием импульсных контактов в телефонном аппарате вызывающего абонента в процессе набора номера.

Интенсивность вызовов (calling rate)

Среднее число вызовов, поступающих в час от одного абонента.

Интенсивность нагрузки (traffic intensity)

Интенсивность нагрузки, которая может быть обслужена данной группой коммутационных приборов при заданном значении некоторой функции перегрузки.

Искание[1] (selecting function)

Поиск пути передачи речи с помощью одного или не-

---

[1] По ГОСТ 19692—74 искание определяется как «процесс выбора входа, выхода или группы выходов при установлении соединения в коммутационной системе или отдельных ее частях». *(Примеч. перевод.)*

скольких искателей типа Строуджер с двумя движениями в шаговых системах. К функциям искания относят все операции по установлению соединения между искателем вызова и выходом системы, включая оконечную ступень или ступень линейного искания. В панельных и машинных системах функции искания также являются определяющими.

Искатель с одним движением (uniselector)

Искатель с одним вращательным движением, используемый в шаговых системах и системах ротари.

Искатель вызовов (line finder)

Искатель, используемый на некоторых станциях шаговой и машинной системы для подключения абонентской линии к ступени группового искания, в котором абонентская линия включена в поле искателя. Искатели вызова производят отыскание той абонентской линии, по которой поступил вызов. В качестве искателей вызова используются машинные искатели с круговым движением щеток или шаговые искатели типа Строуджер с двумя движениями.

Качество обслуживания (grade of service)

Эта величина определяется по-разному: как отношение числа потерянных вызовов к общему числу поступивших; как вероятность нахождения всех линий занятыми, а также как любая практически приемлемая интерпретация функции перегрузки.

Класс обслуживания (class of service)

Услуги и удобства, предоставляемые каждому терминалу, включенному в систему. Информация об услугах, предоставляемых каждому абоненту, хранится обычно в виде списочных номеров или номеров оборудования соответствующего терминала и используется процессором управляющего устройства в тех случаях, когда требуется установить входящее или исходящее соединение к данному терминалу.

Кнопочный набор номера (pushbutton dialling)

Такой способ набора номера, при котором номер абонента, представляемый комбинацией частотных сигналов, передается путем нажатия соответствующих кнопок или клавишей на лицевой панели абонентского аппарата. Фирма AT&T предлагает называть этот тип набора клавишным (Touch-Tone); фирма GTE Automatic Elec-

tric — тональным вызовом (Touch-Call). Называют его также и тональным набором[1].

Код зоны (area code)

Трехзначное число (префикс), предшествующее набору обычного семизначного номера абонента, которое позволяет осуществлять прямой дистанционный набор номера при автоматической междугородной связи.

Кодек (codec)

Устройство, включающее в себя кодер и декодер, которые используются в системах коммутации с временны́м разделением каналов для кодирования исходящего от абонента сообщения и декодирования поступающего к нему сообщения. Кодек — сокращение слов «кодер» и «декодер».

Кольцевой транслятор Даймонда (Dimond ring translator)

Логическая схема, построенная на ферритовых кольцах, которая обеспечивает преобразование списочных номеров абонентских аппаратов в номера оборудования и наоборот. Получила название по имени ее создателя Т. Л. Даймонда из фирмы «Bell Telephone Laboratories».

Коммутация каналов (circuit switching)

Способ коммутации, при котором устанавливается непосредственное соединение между входящими и исходящими линиями; при этом при каждом соединении устанавливается физический соединительный путь, проходящий через коммутационную систему.

Коммутация пакетов (packet-switching)

По существу то же самое, что и коммутация сообщений[2].

Коммутационный блок (switch block)

Группы коммутационных элементов, обычно скомпонованных в виде матрицеобразных структур (коммутаторов)[3].

---

[1] В нашей литературе такой вид набора также называют тастатурным. (*Примеч. перевод.*)

[2] Трудно согласиться с подобным утверждением автора. Коммутация пакетов скорее занимает промежуточное положение между коммутацией каналов и коммутацией сообщений и вместе с тем является самостоятельным видом коммутации. (*Примеч. перевод.*)

[3] В соответствии с ГОСТ 19692—74 коммутационный блок определяется как «совокупность коммутационных приборов связи с общими выводами, предназначенная для соединения входов с выходами на определенном участке соединительного тракта». (*Примеч. перевод.*)

Коммутация сообщений (message switching)

Способ приема и хранения сообщений с целью их последующей передачи в более подходящее для системы время. При данном способе, в отличие от коммутации каналов прямого соединения входящей линии с исходящей не устанавливается.

Коммутируемая сеть общего пользования (public switched network)

Сеть коммутируемых каналов связи, которая предоставляет возможность абоненту пользоваться услугами системы. Примером коммутируемых сетей общего пользования в США может служить телефонная сеть, сеть передачи данных по телетайпу TWX, сеть Телекс, а также широкополосная телеграфная система.

Коммутационная система типа ротари (rotary switching system)

Коммутационная система, в которой для образования разговорного тракта на станции используются групповые, линейные и искатели вызовов, построенные на искателях с круговым движением щеток. В таких системах обычно используются регистры, которые осуществляют до некоторой степени общее управление.

Коммутационная схема (однородная и неоднородная) [switching network (homogeneous and heterogeneous)]

Схема размещения и взаимосвязи коммутационных приборов, с помощью которых производится установление соединений входов схемы с ее выходами. В коммутационной схеме может существовать одновременно несколько соединений. Однородная коммутационная схема — это такая, в которой каждое соединение между входом и выходом проходит через одинаковое число точек коммутации. Неоднородная коммутационная схема — это такая, в которой различные соединения между входами и выходами системы могут проходить через различное число точек коммутации.

Коэффициент перегрузки по вызовам (call congestion ratio)

Отношение времени, в течение которого существует перегрузка системы, к общему времени наблюдения. Это соотношение является оценкой вероятности того, что внешний наблюдатель найдет систему в состоянии перегрузки.

Кроссировочный коэффициент (interconnecting number)

Характеристика равномерной неполнодоступной схемы, в которой к каждой исходящей соединительной ли-

нии подключены выходы одного и того же числа нагрузочных групп.

Логика (замонтированная) [logic (hard-wired)]

Алгоритмы управления коммутационными станциями, реализованные аппаратными средствами — в виде схем.

Логика (программная) (logic (soft-wired))

Алгоритмы управления коммутационными станциями, реализованные программными средствами — в виде программного обеспечения ЭВМ.

Логическая функция (logic function)

Зависимость двух или более булевых переменных, определяемая в соответствии с булевой алгеброй.

Логические элементы (logic gates)

Электрические или электронные элементы, которые управляют передачей сигналов, вырабатывая необходимые выходные сигналы при поступлении определенных комбинаций входных сигналов в соответствии с реализуемыми или булевыми функциями.

Маркер (marker)

Устройство, выполняющее функции пробы линии на занятость, выбора и окончательного установления определенного соединительного пути через коммутационную схему.

Маркирование (marking)

Использование электрических потенциалов и потенциалов земли в некоторых точках коммутационной схемы для управления ее работой.

Матрица[1] (matrix)

Простейшая коммутационная схема, в которой определенный вход (ряд матрицы) имеет доступ к определенному выходу (колонке матрицы) через точку коммутации, расположенную на пересечении рассматриваемых ряда и колонки. Полная матрица — это такая матрица, в которой каждый вход имеет доступ к каждому выходу, в то же время неполная матрица — это такая, в которой каждый вход может быть подключен только к некоторым выходам.

---

[1] В соответствии с ГОСТ 19692—74 в отечественной литературе по коммутационной технике термин «коммутационная матрица» является недопустимым. Эквивалентом термина «полная матрица» в некоторой степени может служить термин «коммутатор системы связи». Что касается термина «неполная матрица», то соответствующий эквивалент не загостирован, и ему можно поставить в соответствие «однозвенная неполнодоступная коммутационная схема». *(Примеч. перевод.)*

Междугородная станция (toll center)

Станция, в которую включаются исходящие соединительные линии от местных центральных и транзитных станций и междугородные линии передачи данных. Она обозначается в США как станция четвертого класса.

Многочастотная сигнализация (multifrequency signaling)

Способ организации обмена сигнальной информацией между абонентскими установками и центральной станцией, при котором информация передается в виде многочастотного сигнала так же, как при тастатурном наборе номера. Многочастотный способ сигнализации находит применение и при организации межстанционной сигнализации.

Мультигруппа (multigroup)

Комбинация двух или более ИКМ каналов.

Неполнодоступное включение [grading (graded multiple)]

Неполнодоступное включение образуется при частичном запараллеливании выходов различных схем, при котором каждая схема получает лишь ограниченную доступность к исходящей группе соединительных линий. Существует несколько типов неполнодоступных включений — такие, как равномерное включение, включение с перехватом, ступенчатое включение или включение О'Делла.

Непосредственное управление (direct control)

Способ управления, применяемый на АТС, при котором импульсы набора номера, посылаемые с телефонного аппарата абонента, управляют непосредственно работой коммутационных приборов, участвующих в установлении соединительного пути в коммутационной системе. При этом способе управления серия импульсов, соответствующая каждой цифре номера, поступает в коммутационный прибор отдельной ступени искания.

Общее управление (common control)

Способ управления телефонной станцией, при котором сигналы набора номера принимаются и запоминаются в специальных устройствах, отделенных от устройств управления коммутационными приборами. В дальнейшем эти сигналы могут быть использованы для управления коммутационными приборами. Общее управление определяется так же, как способ управления, при котором процесс установления соединения строится так, что сначала определяются требуемые входы и вы-

ходы коммутационной системы, а затем уже отыскивается и устанавливается соединительный путь между ними. Системы с общим управлением иногда называют маркерными системами.

Оконечная станция (end office)

Центральная станция или станция пятого класса.

Коммутационная система с группами взаимопомощи (Entraide)

Коммутационная система, в которой соединительные линии с выхода данной ступени искания заводятся на входы этой же или предыдущей ступени. В таких системах соединение может проходить через одну и ту же ступень искания по нескольку раз. Обычно эти повторно входящие линии используются при установлении соединения как пути последнего выбора, поэтому общая система коммутации оказывается неоднородной. Такое построение коммутационной системы имеет место в координатной системе «Пентаконта» фирмы ITT.

Отношение суточной нагрузки к нагрузке в ЧНН (day to busy hour ratio)

Отношение объема суточной нагрузки к объему нагрузки в час наибольшей нагрузки. В некоторых странах используется эквивалентная этому отношению величина.

Панельные коммутационные системы (panel switching system)

Электромеханические коммутационные системы с общим управлением, которые широко использовались в США до их замены координатными и другими системами. Контактные поля искателей имели форму плоских вертикальных панелей, от которых и получили название эти системы. Некоторые станции панельной системы до сих пор находятся в эксплуатации в США.

Первичный центр (primary center)

Коммутационный центр, обеспечивающий связь между собой междугородных центров. Первичный центр может служить в качестве междугородного центра для оконечных станций, которые подключены к нему.

Передатчик (sender)

Совокупность схем хранения цифровой информации и генерации импульсов набора номера, которые вырабатывают сигнальную информацию, передаваемую на другие телефонные станции.

Переходный разговор (crosstalk)

Нежелательная передача сигналов с одной цепи на

другую, которая может иметь место через коммутационные элементы или по монтажным проводам.

Переходное устройство (адаптер) (adaptor)

Устройство, предназначенное для подключения некоторого числа тональных телефонных каналов, идущих от системы, не выполняющей временно́й коммутации каналов, к уплотненной линии с временны́м разделением каналов.

Поиск путей (alternate routing)

Процедура поиска соединительных путей, с помощью которой обеспечивается требуемое соединение. Различные соединительные пути могут включать различное число звеньев коммутации. Обычно первым опробовается тот соединительный путь, который проходит через наименьшее число звеньев коммутации.

Предыскатель (line switch)

Искатель, используемый в некоторых типах шаговых АТС для подключения абонентской линии к ступени группового искания. В предыскателе абонентская линия включается на вход искателя. В качестве предыскателя используется обычно шаговый искатель с одним движением щеток или машинный искатель.

Пригородная связь по городскому тарифу (EAX — extended area service)

Вид телефонной связи, при которой абонентам предоставляется возможность установления соединения с теми соединительными линиями, которые не входят в зону обслуживания местной телефонной станции, подобно тому, как это имеет место при автоматической междугородной связи.

Линия связи (односторонняя и двусторонняя) [link (one-way and two-way)]

Односторонняя линия связи используется при установлении соединений только в одном направлении, в то время как двусторонняя линия связи используется для установления соединения в любом направлении.

Промежуточная линия (соединительная линия) [link (trunk)]

Соединение между входом коммутатора одного звена и входом в коммутатор следующего звена, соответствующее отдельному пути передачи информации[1].

---

[1] В соответствии с ГОСТ 19692—74 промежуточная линия определяется как «линия», соединяющая выход коммутатора системы связи предыдущего звена со входом коммутатора последующего звена коммутации». *(Примеч. перевод.)*

Промежуточное свободное искание (hunting)

Способ повышения использования коммутационных приборов путем концентрации нагрузки, которая достигается введением дополнительных коммутационных приборов — смешивающих искателей, подобных тем, которые используются в коммутационных системах с предыcканием.

Промежуточное хранение (store and forward)

Способ коммутации сообщений или пакетов, согласно которому сообщение сначала записывается в память (запоминается), а затем передается, причем передача обычно происходит несколько позже приема в более подходящий по условиям момент времени.

Пропускная (нагрузочная) способность (traffic capacity)

Отношение объема нагрузки, пропускаемой системой в определенный период времени, к длительности этого периода; обе величины выражаются в единицах времени. Единицей измерения пропускной способности системы служит эрланг.

Проскальзывание (slip)

Потеря бита информации при считывании информации из запоминающего устройства в системе коммутации каналов с временны́м разделением и импульсно-кодовой модуляцией, обусловленная расхождением частот задающих генераторов исходящей и входящей станций. При проскальзывании происходит искажение ИКМ сигнала.

Пространственная коммутация каналов (space-division switching)

Такой способ коммутации в электросвязи, при котором для установления соединений каналов используются физически разделенные соединительные пути.

Распределитель сигналов (signal distributor)

Устройство, которое обеспечивает сопряжение высокоскоростного выхода ЭВМ с низкоскоростным периферийным оборудованием. Используется в системах коммутации с управлением по записанной программе.

Распределительная ступень (distribution stage)

Коммутационная ступень, характеризующаяся примерно одинаковым числом входов и выходов, размещаемая обычно между коммутационной ступенью с концентрацией и коммутационной ступенью с расширением; используется для выбора соединительных путей к выходам требуемого направления.

Распределительный щит (distributing frame)

Структура организации линейных окончаний на телефонной станции, при которой легко можно осуществлять различные переключения (кроссировки). Примером является главный щит переключений (MDF) на входе станции; промежуточный щит переключений (IDF) между частями станции и щит переключения источников питания (PDF).

Региональный центр (regional center)

Коммутационный узел самого высокого уровня на междугородной сети США; используется при автоматической междугородной связи. В соответствии с принятой в США классификацией обозначается как узел первого класса.

Регистр (register)

Устройство приема и хранения импульсов набора номера на станциях с общим управлением. В некоторых системах выполняет функции ограниченного пересчета (трансляции).

Регистр-транслятор (register-translator)

Устройство, состоящее из регистра и транслятора, которое вырабатывает информацию, необходимую для работы устройства общего управления коммутационной системой. Используется в шаговых системах и в системах, построенных на искателях типа Строуджер.

Секторальный центр (sectional center)

Коммутационный центр, связывающий между собой первичные и региональные центры. Обозначается в США как станция второго класса.

Сеть передачи данных по телетайпу (TWX — Teletype writer exchange service)

Абонентская телетайпная коммутируемая сеть общего пользования, предоставляющая каждому абоненту сети возможность установления соединения с телетайпными станциями, размещенными на территории США и Канады. В системе используются следующие коды: код Бодо и код ASCII. Первоначально эксплуатация сети производилась фирмой АТТ, а затем — фирмой «Вестерн Юнион», которая приобрела право эксплуатации этой сети у фирмы АТТ. Фирма «Вестерн Юнион» эксплуатирует также сеть Телекс.

Сигнализация путем обрыва линейного шлейфа (loop disconnect pulsing)

Способ образования импульсов набора номера на абонентском устройстве, при котором для создания им-

пульсов набора номера производятся обрывы абонентского шлейфа, образующего цепь постоянного тока.

Сигнализация с помощью обратных импульсов (revertive pulsing)

Способ сигнализации, принятый в машинных системах АТС, при котором в регистры и передатчики устройств управления станции информация об изменении положения щеток искателей передается с помощью обратных (сигнальных) импульсов. В машинных искателях с круговым и радиальным движением щеток обратные импульсы формируются при вращении диска искателя; в машинных искателях с круговым движением щеток — при вращении оси щетковыбирателя; в искателях, используемых в панельных системах, — с помощью специальных щеткодержателей.

Символы (characters)

Элементы сообщения (буквы, цифры и т. д.). Один символ ЭВМ состоит из 8 бит, или 1 байта, и известен как символ EBCDIC кода.

Синхронизация повторная (retiming)

Процедура, необходимая для управления девиацией ИКМ сигнала, которая возникает при обработке его на входящей станции. Задающий генератор входящей станции может отличаться по своим техническим характеристикам от генератора исходящей станции.

Синхронизирующий генератор (clock)

Устройство, формирующее шкалу времени работы коммутационной системы. При временно́й коммутации оно используется для управления частотой дискретизации, длительностью цифровых сигналов и т. д.

Синхронная система (synchronous system)

Система, в которой работа устройств исходящей и входящей станций происходит постоянно с одной и той же частотой. Такая синфазная работа станций обеспечивается специальными мерами.

Система коммутации типа «Строуджер» (Strowger switching system)

Система коммутации, которая использует искатели с двумя движениями, названными по имени изобретателя первой шаговой системы — Элмона В. Строуджера.

Система с ожиданием (delay system)

Коммутационная система, в которой если при поступлении вызова оказываются занятыми все доступные соединительные пути для установления требуемого соеди-

нения, то вызов не теряется, а ставится на ожидание до момента освобождения доступного пути.

Сканнер (scanner)

Устройство, используемое для контроля за состоянием устанавливаемых соединений в коммутационных системах с управлением по записанной программе.

Скорость по битам (bit rate)

Скорость, с которой ведется передача битов. Обычно измеряется в битах в секунду.

Соединение (взаимосвязь) (interconnection)

Термин применяется для обозначения соединений телефонной аппаратуры и других видов оборудования с телефонной системой, обслуживающей данный район города.

Соединительное звено (connecting stage)

При установлении соединения в однородной коммутационной схеме используется ряд последовательно соединенных точек коммутации. Если точки коммутации, участвующие в соединении, нумеруются, начиная с ближайшей к входу схемы, то говорят, что все коммутаторы, содержащие точки коммутации, которые используются как n-е точки коммутации в таких соединениях, принадлежат к n-му соединительному звену[1].

Соединительный комплект (junctor)

Любое устройство, включаемое между отдельными ступенями коммутации, например между блоком абонентских линий и блоком соединительных линий.

Соединитель Кроссбар[2] (crossbar switch)

Соединитель, имеющий множество вертикальных контактных шин, множество горизонтально расположенных контактных пружин и действующую под управлением электромагнитов механическую систему для установления соединения любой вертикальной контактной шины с горизонтально расположенными контактными пружинами.

Соединительная линия (trunk)

Линия связи, соединяющая две станции или два уз-

---

[1] В нашей терминологии более употребителен термин «звено коммутации», который по ГОСТ 19692—74 определяется как «группа коммутаторов системы связи, устанавливаемых на определенном участке коммутационной системы станции или узла, обеспечивающих коммутацию входов с выходами через одну коммутационную группу». *(Примеч. перевод.)*

[2] В нашей литературе соединитель Кроссбар называют многократным координатным соединителем, сокращенно МКС. *(Примеч. перевод.)*

ла. Примером служат межстанционные и междугородные соединительные линии.

Соединительный путь (path)

Совокупность промежуточных линий, соединенных последовательно друг с другом и участвующих в данном соединении. Соединительные пути считаются разными, если они различаются в одной или более промежуточных линиях[1].

Соединительный ряд (connecting row)

Совокупность точек коммутации, к которым имеет непосредственный доступ данный вход. В любой момент времени через соединительный ряд можно установить только одно соединение.

Среднее время занятия (average holding time)

Средняя длительность одного занятия, выраженная в секундах или минутах.

Среднее время ожидания задержанных вызовов (mean delay of calls delayed)

Отношение суммарного времени ожидания всех вызовов к числу задержанных вызовов.

Среднее значение кроссировочного коэффициента [interconnecting number (mean)]

Частное от деления общего числа выходов неполнодоступной схемы на число соединительных линий, подключенных к ней.

Статив (оборудование) [frame (equipment)]

Конструкция, на которой размещается одна секция станционного оборудования.

Ступень искания (selection stage)

Ступень коммутации в машинных, ротари, шаговых и панельных системах, построенная на искателях.

Ступень концентрации (concentration stage)

Коммутационная ступень, в которой происходит соединение некоторого числа входящих линий с меньшим числом исходящих линий, как, например, соединение большого числа абонентских линий с меньшим числом соединительных линий; при этом число последних зависит от желаемого качества обслуживания.

Ступень расширения (expansion stage)

Коммутационная ступень, которая обеспечивает доступ меньшего числа соединительных или входящих ли-

---

[1] В соответствии с ГОСТ 19692—74 соединительный путь — «совокупность коммутационных групп на соответствующих звеньях коммутации и промежуточных линий, участвующих в одном соединении от входа к выходу узла или станции». *(Примеч. перевод.)*

ний к большему числу абонентских или исходящих линий.

Тариф (tariff)

Расценки на оборудование, услуги или типы услуг, которые предусматриваются системой связи.

Телекс (Telex)

Способ обслуживания абонентов телеграфной связью, при котором каждый абонент получает доступ к телеграфной сети общего пользования и путем набора номера может установить соединение с любым другим абонентом сети. Обмен информацией на сети Телекс осуществляется в коде Бодо.

Тастатурный вызов (клавиш-тон) [Touch-Calling (Touch-tone)]

Это наименование, принятое для кнопочного набора номера соответственно фирмой GTE Automatic Electric и фирмой AT&T.

Твистор (twistor)

Элемент памяти, используемый в ЗУ программ систем коммутации с электронным управлением по записанной программе № 1 и № 2 ESS. В данных системах он используется в механически изменяемом ЗУ со съемными программными картами. Другой вариант твистора, известный как пиджибэк — твистор, позволяет строить электрически изменяемое ЗУ. Он используется в системе TSPS и в системе SP-1 фирмы «Northern Electric». Подробное объяснение его работы дано в тексте книги. Упомянутые приборы позволяют строить ЗУ с неразрушением информации при считывании.

Точка коммутации (crosspoint)

Точка коммутации — это некоторая совокупность контактов, которые работают согласованно и обеспечивают соединения разговорных и управляющих проводов. В системах с пространственной коммутацией каналов соединения устанавливаются путем замыкания одной или нескольких точек коммутации [1].

Трансляция (translation)

Преобразование информации из одного кода в другой, например преобразование информации о списочных номерах (DN) в информацию о номерах оборудования (EN) и наоборот. Различные виды преобразова-

---

[1] В соответствии с принятой в отечественной литературе терминологией ГОСТ 19692—74 точка коммутации определяется как «место расположения коммутационной группы в коммутационном приборе связи». *(Примеч. перевод.)*

ния кодов необходимы для обеспечения гибкости работы как одной станции, так и совместной работы нескольких станций, поскольку в последнем случае для передачи сигнальной информации между станциями может потребоваться код, отличающийся от того, которым пользуются абоненты при связи с исходящей станцией.

Транзитная станция[1] (tandem office)

Станция, предназначенная для соединения между собой местных центральных телефонных станций по транзитным соединительным линиям в областях, густо «заселенных» телефонными станциями, там, где экономически невыгодно устанавливать прямые соединения между всеми центральными станциями.

Уплотненная линия (путь) (highway)

Линия, по которой может идти одновременная передача сигналов по нескольким независимым каналам.

Управление по записанной программе (stored program control)

Вид управления, применяемый в электронных системах коммутации, при котором вся необходимая для общего управления информация запоминается и хранится в виде программных средств; эта информация может быть легко изменена таким образом, чтобы обеспечить новые виды обслуживания и приспособить систему к новым требованиям.

Феррид (ferreed)

Коммутационный прибор, используемый в системах коммутации № 1 и № 2 ESS.

Функция перегрузки (congestion function)

Любая функция, устанавливающая зависимость степени перегрузки от интенсивности нагрузки.

Центрекс (Centrex)

Система обслуживания абонентов учреждений телефонной связью, в которой коммутационное оборудование размещается централизованно. Такая система предоставляет возможность осуществления автоматической входящей связи [прямого входящего набора (DID)], автоматической исходящей связи [прямого исходящего набора (DOD)], а также автоматического определения номера (ANI).

Центральный процессор (central processor)

Наиболее важный блок управляющего устройства

[1] В отечественной литературе центр коммутации соединительных линий, идущих от городских телефонных станций, называют обычно коммутационным узлом. (*Примеч. перевод.*)

вычислительной машины, используемый в коммутационных системах с управлением по записанной программе. Процессор на основе хранящейся в памяти программы осуществляет управление процессом установления соединения в коммутационной системе, а также контролирует и анализирует состояние системы с целью обеспечения выполнения программы управления. Кроме того, на процессор возложены функции программного тестирования, эксплуатации и учета.

Центральная (городская) телефонная станция (central office)

Телефонная станция, в которую включены абонентские линии и линии от частных учрежденческих станций. На центральной станции осуществляется коммутация этих линий с целью установления требуемых соединений. Такие станции называются оконечными станциями и обозначаются в США как станции пятого класса.

Цикл (в системе импульсно-временнóго уплотнения) (frame time-division multiplex)

Один полный цикл в системе ИКМ при временнóм разделении. Это интервал времени, в течение которого передается информация по разговорным каналам уплотненной линии, а также информация синхронизации и сигнализации. Многократный цикл образуется при вторичном уплотнении разговорных каналов или канала синхронизации. Это интервал времени, в течение которого производится передача информации по разговорным каналам, образованным путем вторичного уплотнения исходного разговорного канала. Сверхцикл (суперцикл) образуется из полных циклов ИКМ. Это интервал времени, необходимый для передачи информации по каналам, образующим одну сверхгруппу ИКМ каналов.

Час наибольшей нагрузки (busy hour)

Непрерывный интервал времени длительностью 60 мин, в течение которого общая нагрузка максимальна.

Частная автоматическая учрежденческая телефонная станция (УАТС) [private automatic branch exchange (PABX)]

Автоматическая учрежденческая телефонная станция, которая обеспечивает установление соединений с абонентами телефонной сети общего пользования или входящих соединений со стороны центральной телефонной станции, а также внутренних соединений между

аппаратами абонентов, обслуживаемых этой станцией.

Четырехпроводная цепь (four-wire circuit)

Цепь, в которой используются две разделенные пары проводов для исходящих и входящих соединений. Одна пара предусматривается для передачи в прямом направлении, а другая пара — для передачи в обратном направлении.

Шаговая коммутация (step-by-step switching)

Способ коммутации, используемый в системах Строуджер, в которых искатели с двумя движениями под непосредственным управлением поступающих от абонента сигналов устанавливают постепенно, шаг за шагом соединительный путь через ступень предыскания, ступени группового искания и ступень линейного искания.

Широкополосная телеграфная система (BEX — Broadband exchange)

Коммутируемая система связи общего пользования, обеспечивающая дуплексные соединения каналов (FDX) с различными полосами частот; система эксплуатируется фирмой «Вестерн Юнион» («Western Union»).

Электромеханическая коммутационная система (electromechanical switching system)

Телефонная система, в которой система коммутации разговорных цепей и система управления построены на электромеханических приборах, таких, как реле, искатели, соединители и т. д.

Электронная система коммутации[1] (electronic switching system)

Система телефонных станций, в которой, по крайней мере, оборудование управления построено на электронных элементах, обычно твердотельных.

Эрланг (Erlang)

Единица интенсивности нагрузки, которая численно равна секундо-занятиям за секунду или минуто-занятиям за минуту. Кроме того, 1 Эрл равен 360 с-зан/ч.

---

[1] В нашей литературе принято различать станции с электронным управлением по типу используемых коммутационных приборов: механоэлектронные, в которых система коммутации построена на МКС; квазиэлектронные, в которых система коммутации построена на соединителях с герметизированными контактами, и полностью электронные, в которых система коммутации построена на электронных элементах. *(Примеч. перевод.)*

Эта единица названа в честь датского инженера и математика А. К. Эрланга, который впервые ввел ее.

Язычковые контакты[1] (reed relay)

Миниатюрные контакты, образованные из тонких контактных пружин, запаянных в стеклянную колбу. Чаще всего используются для построения коммутационных систем телефонных станций с электронным управлением. Иногда находят применение в устройствах управления.

---

[1] В нашей литературе эти контакты чаще называют герметизированными контактами или сокращенно «герконами». (*Примеч. перевод.*)

ПРИЛОЖЕНИЕ

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СИМВОЛЫ

При начертании схем систем коммутации, их подсистем и компонентов подсистем на протяжении всей книги использовалось множество символов и условных обозначений. Такое разнообразие символики связано с тем, что в этой области техники отсутствует единый стандарт условных обозначений и разные разработчики и производители коммутационного оборудования используют свое обозначение.

В гл. 5 при описании основных функций, выполняемых системами коммутации в электросвязи, мы применили условные обозначения, предложенные английским инженером Т. Х. Флауэрсом. Выбор его системы обозначений был связан с тем, что она отражала основные идеи приема, обработки и передачи информации. Однако есть и другие подходы к вопросу классификации и унификации функций, выполняемых системами коммутации. Здесь изложена система обозначений, предложенная доктором А. Е. Джоэлем, работающим в телефонной лаборатории фирмы «Белл» (Bell Telephones Laboratories»). Внося свои предложения по классификации и обозначению функций, Джоэль считает, что для сравнения и оценки систем коммутации будущего потребуются более сложные аналитические методы. Поэтому при проектировании систем коммутации в электросвязи следует выделять некоторые функции как основополагающие, и коль скоро они будут выделены, можно будет проводить описание систем коммутации на языке высокого уровня.

В своем предложении Джоэль определяет некоторое множество функций, выполняемых системой коммутации, и показывает, как можно применить предлагаемую им систему обозначений для описания электромеханических и электронных систем коммутации. В это множество входят функции обработки сигналов о вызове и обработки информации о соединении, относящиеся к коммутационным схемам и их управлению.

По Джоэлю обработка сигналов (CSP) включает следующие операции: прием, регистрацию (накопление) и передачу сигналов системой коммутации. К таким сигналам относятся сигнал поступления вызова, цифровая информация о номере вызывающего и вызываемого абонентов, а также сигнал контроля за состоянием соединения. Процесс обработки информации о соединении (CIP) состоит из операций, связанных с интерпретацией, преобразованием и управлением внутренними потоками информации, а также операций по принятию решений на основе этой внутренней информации. К внутренней информации относятся адреса (номера) вызывающего и вызываемого абонентов; кроме того, она включает данные по трансляции этих адресов.

Коммутационные схемы разделяются Джоэлем на две категории: центральную коммутационную схему и коммутационные схемы доступа к приборам. Каждая такая схема имеет сокращенное буквенное обозначение, при этом функции управления для каждой схемы обозначаются сокращенно — NC.

Центральная коммутационная схема (SCN) — главная схема станции, используемая для установления взаимных соединений между абонентскими и соединительными линиями. Эта схема может включать схему коммутации абонентских линий с исходящими сое-

динительными линиями или схему коммутации входящих соединительных линий с абонентскими.

Коммутационные схемы доступа к приборам или схемы подключения (AN) используются в системах регистрового и общего управления. Они подразделяются на схемы подключения сигналов (SAN) и управляющих устройств (CAN). Последние, в свою очередь, разделяются на схемы подключения управляющих устройств к коммутационной схеме (NCAN) и внутренние схемы подключения управляющих устройств (ICAN). Схемы подключения сигналов (SAN) используются для установления соединения части системы, связанной с обработкой сигналов о вызове, с абонентскими и соединительными линиями. Схемы SAN с пространственным разделением каналов обычно пропускают информацию в регистр-передатчик и служебные шнуровые комплекты в обоих направлениях. Схемы SAN с временны́м разделением каналов пропускают информацию в сканнеры и распределители сигналов только в одном направлении. Схемы подключения управляющих устройств (CAN) разделяются на: а) схемы подключения управляющих устройств к коммутационной схеме (NCAN), которые используются для подключения входов, выходов или промежуточных соединительных линий управляемой коммутационной схемы к ее управляющим устройствам; б) внутренние схемы подключения управляющих устройств (ICAN), которые используются для обеспечения путей передачи информации между функциональными блоками управляющего устройства.

Система с непосредственным управлением и последовательным порядком установления соединения, построенная с применением обратного предыскания (с искателями вызова), показана на рис. П.1.

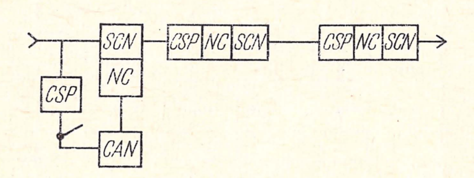


Рис. П.1

Здесь абонентский комплект представляет собой схему обработки сигналов о вызове (CSP), которая обнаруживает требования на обслуживание с помощью распределителя (CAN). Искатель вызова (SCN) управляется своим индивидуальным управляющим устройством (NC). Групповой искатель (SCN) управляется непосредственно схемой обработки сигналов о вызове (CSP), которая ставится на каждой ступени группового искания.

Система с косвенным управлением и последовательным порядком установления соединения показана на рис. П.2. Здесь элементами обработки сигналов о вызове (CSP) являются уже регистры-передатчики. Как показано пунктиром на рис. П.2, в системе могут быть индивидуальные трансляторы (CIP), как, например, в шаговой системе с директором, или же система может иметь один общий транслятор, подключаемый через схему подключения управляющих устройств (CAN).

На рис. П.3 показана система «Кроссбар № 5» после применения для ее описания введенных условных обозначений и символов.

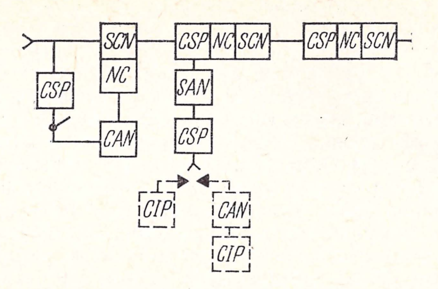


Рис. П.2

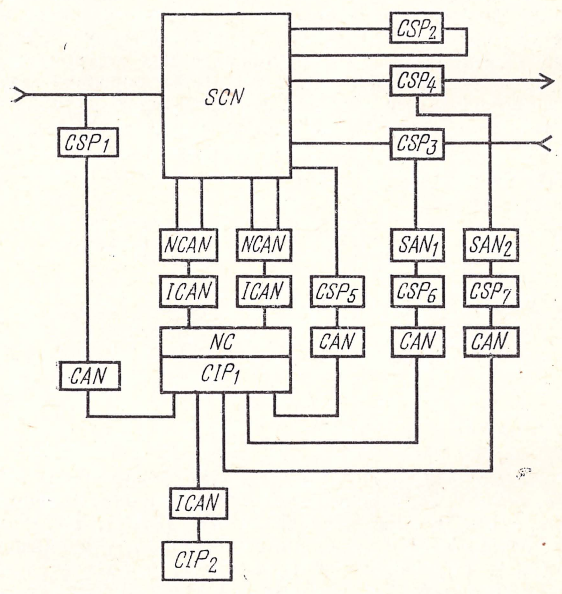


Рис. П.3: CTP_1 — комбинированный маркер; CIP_2 — пересчетчик; SCN — звеньевая коммутационная схема; CSP_1 — абонентский комплект; CSP_2 — шнуровой комплект внутристанционной соединительной линии; CSP_3 — комплект входящей соединительной линии; CSP_4 — комплект исходящей соединительной линии; CSP_5 — абонентский регистр; CSP_6 — входящий регистр; CSP_7 — исходящий передатчик; SAN_1 — ступень искания входящих регистров; SAN_2 — ступень искания исходящих передатчиков; ICAN — схемы подключения; CAN — схемы подключения маркеров

В данном случае функция управления коммутационной схемой и функции обработки информации о соединении объединяются. Ради простоты на схеме показан только один маркер (CIP_1), хотя на самом деле их два: маркер ответа станции и маркер завершения установления соединения. В этой системе используется выделенный общий транслятор (CIP_2). Исходящие регистры подключаются к комплектам исходящих соединительных линий. Доступ к абонентским регистрам возможен только через центральную коммутационную схему (SCN). После регистрации вызова абонентская линия переключается на соответствующий комплект соединительной линии, выполняющий функции обработки сигналов о вызове. Для управления коммутационной схемой используются две отдельные схемы подключения управляющих устройств к коммутационной схеме (NCAH), которые подключают управляющее устройство станции к четырем звеньям центральной коммутационной схемы (SCN).

Система коммутации № 1 ESS, показанная на рис. П.4, относится к типу систем с расчлененной центральной коммутацион-

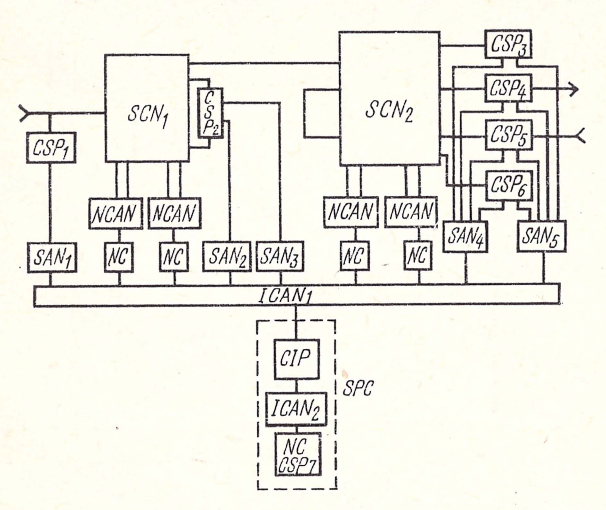


Рис. П.4: SCN_1 — ступень абонентского искания; SCN_2 — ступень искания соединительных линий; CIP_1 — центральное управляющее устройство и ЗУ программ; CSP_1 — абонентский комплект; CSP_2 — шнуровой комплект; CSP_3 — приемник импульсов набора номера, поступающих от абонента; CSP_4 — комплект исходящей соединительной линии; CSP_5 — комплект входящей соединительной линии; CSP_6 — комплект передатчика или приемника; CSP_7 — ЗУ вызовов; SAN_1—сканнер абонентских линий; SAN_2 — сканнер шнуровых соединительных комплектов; SAN_3 — распределитель сигналов по шнуровым комплектам; SAN_4 — сканнер комплектов соединительных линий; SAN_5 — распределитель сигналов по комплектам соединительных линий; NC — схема управления коммутационной схемой; ICANI — шины связи с периферией

ной схемой. Здесь электронные схемы с односторонней проводимостью, называемые сканнерами и распределителями сигналов, выполняют функции схем подключения сигналов (SAN). Функции обработки информации о соединениях (CIP) и функции устройств для ее ввода (CSP/NC) выполняет управляющее устройство, работающее по записанной программе (УЗП). Функции CSP/NC реализуются в ЗУ вызовов, в котором хранится информация, относящаяся к сигналу о вызове, и отображается состояние коммутационной схемы. Функции связи управляющего устройства с записанной про-

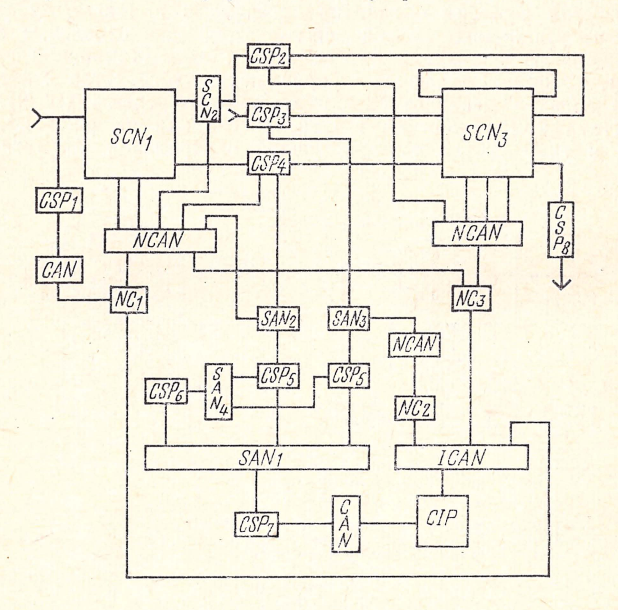


Рис. П.5: SCN_1 — ступень коммутации абонентского искания; SCN_2 — звено *C* схемы коммутации ступени абонентского искания; SCN_3 — ступень группового искания; CIP — центральное управляющее устройство; CSP_1 — абонентский комплект; CSP_2 — входящий шнуровой комплект; CSP_3 — комплект входящей соединительной линии; CSP_4 — исходящий шнуровой комплект; CSP_5 — регистровые шнуровые комплекты; CSP_6 — приемники и передатчики; CSP_7 — память на сердечниках; CSP_8 — комплект исходящей соединительной линии; NC_1 — исходящий маркер ступени абонентского искания; NC_2 — маркер завершения установления соединения; NC_3 — маркер ступени искания соединительных линий; SAN_1 — схема подключения сигналов; SAN_2 — ступень регистрового искания; SAN_3 — схема подключения регистров соединительных линий; SAN_4 — схема подключения приемника-передатчика

граммой с периферийными устройствами системы возложены на высокоскоростные электронные цепи. Подключение этих цепей осуществляется с помощью внутренней схемы подключения управляющих устройств (ICAN).

На рис. П. 5 приведена система № 1 EAX, разработанная фирмой «Automatic Electric». Хотя в общих чертах эта система похожа на систему № 1 ESS, тем не менее она имеет свои особенности. Они состоят в следующем: во-первых, система содержит схему подключения сигналов (SCN_2), которая управляет схемами шнуровых комплектов, выполняющих функции обработки сигналов о вызове; во-вторых, для организации внутристанционной связи введена коммутационная схема (SCN_2).

Оглавление

7. Электромеханические системы координатного типа

8. Электронные станции с замонтированной логикой

9. Элементы управления по записанной программе

МЕРВИН ХОББС

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ КОММУТАЦИИ В ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Переводчик Элеонора Борисовна Ершова

Редактор Е. А. Образцова

Художник В. В. Марков

Художественный редактор А. И. Моисеев

Технический редактор Г. И. Колосова

Корректор Т. А. Васильева

Сдано в набор 28/XII 1977 г. Подп. в печ. 29/VIII 1978 г.
Формат 84×108/32 Бумага тип. № 2 Гарнитура литерат., печать высокая 17,22 усл.-печ. л. 17,39 уч.-изд. л. Тираж 7 500 экз.
Изд. № 18108 Зак. № 1 Цена 1 руб. 50 коп.
Издательство «Связь». Москва 101000, Чистопрудный бульвар, д. 2

Типография издательства «Связь» Госкомиздата СССР
Москва 101000, ул. Кирова, д. 40

1р 50к

Современные системы коммутации